



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10078549 A**(43) Date of publication of application: **24.03.98**

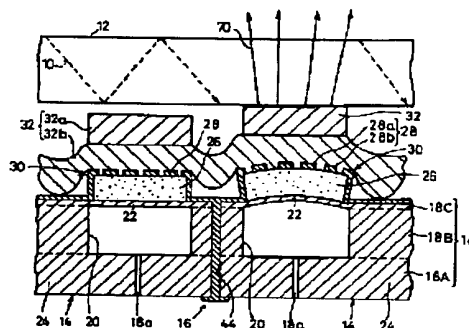
(51) Int. Cl.

G02B 26/08**G09F 9/30**(21) Application number: **08335876**(22) Date of filing: **16.12.96**(30) Priority: **10.07.96 JP 08180981**(71) Applicant: **NGK INSULATORS LTD**(72) Inventor:
**TAKEUCHI YUKIHISA
NANATAKI TSUTOMU
OWADA IWAO
TAKAHASHI MASARO**(54) **DISPLAY DEVICE**

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To eliminate the necessity of increasing the number of pixels when the device is applied for a color display system, to reduce the capacitance in an actuator section and to provide display luminance having no irregularity and improved picture quality.

SOLUTION: The device displays the picture corresponding to video signals on an optical waveguide plate 12 by controlling the displacement operations of the contact separation direction of an actuator section 14 for the plate 12 and controlling scattered beams 70 of a prescribed part of the plate 12. The section 14 consists of an actuator section main body 30 which has a piezoelectric/electrostriction layer 26 and a pair of electrodes 28 formed on a main surface of the layer 26, a vibrating section 22 which is in contact with the other main surface of the layer 26 and supports the body 30 and a fixed section 24 which supports the section 22 in a freely vibrating manner. Moreover, a displacement transferring section 32 is provided to transfer the displacement operations of the body 30 to the plate 12 caused by the voltage application to the electrodes 28.



COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(51) Int.Cl.⁸

G 0 2 B 26/08

G 0 9 F 9/30

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 26/08

G 0 9 F 9/30

技術表示箇所

A

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願平8-335876

(22) 出願日 平成8年(1996)12月16日

(31) 優先権主張番号 特願平8-180981

(32) 優先日 平8(1996)7月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号

(72) 発明者 武内 幸久

愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 七瀬 努

愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(72) 発明者 大和田 巖

愛知県名古屋市長瀬区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 弁理士 千葉 剛宏 (外1名)

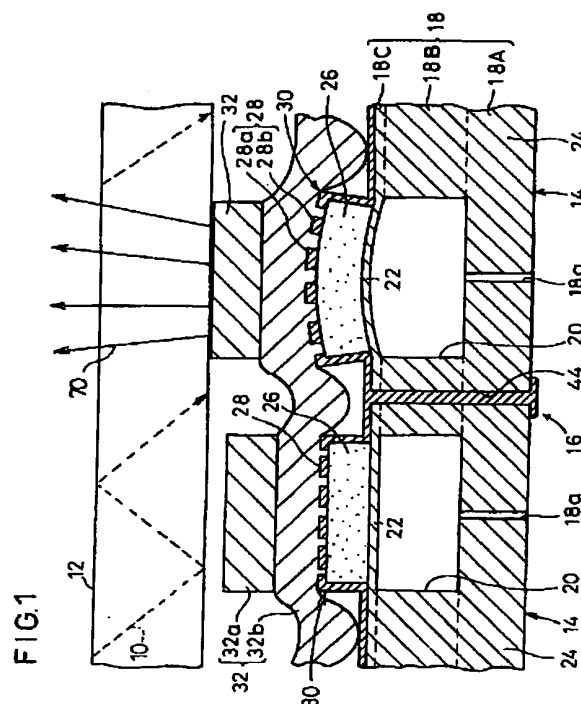
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示装置

(57) 【要約】

【課題】 カラー表示方式に適用させた場合に画素数を増加させる必要がないという利点に加えて、アクチュエータ部での静電容量を低減でき、表示画面全面に白色を表示させた場合に、むらのない表示輝度及び画質の向上を図る。

【解決手段】 光導波板12に対するアクチュエータ部14の接触・離隔方向の変位動作を制御して、光導波板12の所定部位の散乱光70を制御することにより、光導波板12に画像信号に応じた映像を表示させる表示装置において、アクチュエータ部14として、圧電/電歪層26と、該圧電/電歪層26の一主面に形成された一対の電極28とを有するアクチュエータ部本体30と、圧電/電歪層26の他主面に接してアクチュエータ部本体30を支持する振動部22と、該振動部22を振動可能に支持する固定部24を具備して構成し、更に、一対の電極28への電圧印加によって生じるアクチュエータ部本体30の変位動作を光導波板12に伝達する変位伝達部32を設けて構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】光が導入される光導波板と、該光導波板の一方の板面に対向して設けられ、かつ多数の画素に対応した数のアクチュエータ部が配列された駆動部を具備し、入力される画像信号の属性に応じて前記光導波板に対する前記アクチュエータ部の接触・離隔方向の変位動作を制御して、前記光導波板の所定部位の漏れ光を制御することにより、前記光導波板に前記画像信号に応じた映像を表示させる表示装置において、前記アクチュエータ部は、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の一主面に形成された一対の電極とを有するアクチュエータ部本体と、前記圧電／電歪層の他主面に接して前記アクチュエータ部本体を支持する振動部と、前記振動部を振動可能に支持する固定部とを具備し、前記一対の電極への電圧印加によって生じる前記アクチュエータ部の変位動作を光導波板に伝達する変位伝達部を有することを特徴とする表示装置。

【請求項2】請求項1記載の表示装置において、前記振動部及び前記固定部がセラミックスにて一体に形成され、前記振動部に対応する箇所に空所が形成されて、該振動部が薄肉とされていることを特徴とする表示装置。

【請求項3】請求項2記載の表示装置において、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状が共に角のとれた形状であって、前記空所の平面形状の大きさが圧電／電歪層のそれよりも大であることを特徴とする表示装置。

【請求項4】請求項3記載の表示装置において、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状が共に円形であることを特徴とする表示装置。

【請求項5】請求項3記載の表示装置において、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状が共に長円形状であることを特徴とする表示装置。

【請求項6】請求項3記載の表示装置において、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状が共に矩形状であって、コーナー部が角のとれた形状であることを特徴とする表示装置。

【請求項7】請求項3記載の表示装置において、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状が共に多角形状であって、各頂角部分が丸みを帯びた形状であることを特徴とする表示装置。

【請求項8】請求項1～7のいずれか1項に記載の表示装置において、前記一対の電極における前記圧電／電歪層上での平面形状は、これら一対の電極が互いに並行に、かつ相互に離間された渦巻き状とされていることを特徴とする表示装置。

【請求項9】請求項1～7のいずれか1項に記載の表示装置において、

前記一対の電極における前記圧電／電歪層上での平面形状は共に、前記圧電／電歪層上の中心に向かって延びる幹部から多数枝分かれした形状を有し、前記一対の電極が、相互に離間されて相補形に配列された形状であることを特徴とする表示装置。

【請求項10】請求項1～9のいずれか1項に記載の表示装置において、

前記一対の電極間に、前記圧電／電歪層の分極方向を反転させる信号を印加し、自発歪みを除去して前記アクチュエータ部を駆動することを特徴とする表示装置。

【請求項11】請求項1～9のいずれか1項に記載の表示装置において、

前記一対の電極間の所定電界の4倍以上の印加電界による前記アクチュエータ部の屈曲変位特性が、基準電界点を中心に非対称であることを特徴とする表示装置。

【請求項12】請求項11記載の表示装置において、前記基準電界点を基準とし、絶対値が同一で方向が異なる2つの所定電界の4倍以上の電界をそれぞれ印加したときの屈曲変位量をA、Bとしたとき、 $A \geq 1.5B$ の関係を有することを特徴とする表示装置。

【請求項13】請求項11又は12記載の表示装置において、

前記一対の電極に印加される所定の電圧範囲に関し、前記多数のアクチュエータ部のうち、ON選択とすべきアクチュエータ部に対して、前記屈曲変位特性における一方向の変位量が最大である方向に電圧を印加することを特徴とする表示装置。

【請求項14】請求項11又は12記載の表示装置において、

前記一対の電極に印加される所定の電圧範囲に関し、前記多数のアクチュエータ部のうち、OFF選択とすべきアクチュエータ部に対して、前記屈曲変位特性における一方向の変位量が最小である方向に電圧を印加することを特徴とする表示装置。

【請求項15】請求項11又は12記載の表示装置において、

前記一対の電極に印加される所定の電圧範囲に関し、前記多数のアクチュエータ部のうち、非選択とすべきアクチュエータ部に対して、前記屈曲変位特性における一方向の変位量が最小である方向に電圧を印加することを特徴とする表示装置。

【請求項16】請求項1～15のいずれか1項に記載の表示装置において、

前記一対の電極間の距離を x ($1 \mu\text{m} \leq x \leq 200 \mu\text{m}$)、前記圧電／電歪層の厚みを y ($1 \mu\text{m} \leq y \leq 100 \mu\text{m}$) としたとき、 $y = ax$ の関係を有し、かつ、 $1/10 \leq a \leq 100$ であることを特徴とする表示装置。

【請求項17】請求項16記載の表示装置において、

$1/5 \leq a \leq 10$ であることを特徴とする表示装置。

【請求項18】請求項17記載の表示装置において、
 $1/2 \leq a \leq 5$ であって、かつ $1 \mu m \leq x \leq 60 \mu m$ 、
 $1 \mu m \leq y \leq 40 \mu m$ であることを特徴とする表示装
 置。

【請求項19】請求項16～18のいずれか1項記載の
 表示装置において、
 前記振動部の厚みを z ($1 \mu m \leq z \leq 50 \mu m$) とした
 とき、 $y = bz$ の関係を有し、
 かつ、 $1/5 \leq b \leq 10$ であることを特徴とする表示装
 置。

【請求項20】請求項19記載の表示装置において、
 $1/3 \leq b \leq 5$ であることを特徴とする表示装置。

【請求項21】請求項20記載の表示装置において、
 $1/3 \leq b \leq 5$ であって、かつ $1 \mu m \leq y \leq 40 \mu m$ 、
 $1 \mu m \leq z \leq 20 \mu m$ であることを特徴とする表示装
 置。

【請求項22】請求項10～21のいずれか1項に記載
 の表示装置において、
 前記振動部の中心を通る最短寸法における断面形状が、
 電圧無負荷状態で以下の条件を満足することを特徴とす
 る表示装置。

(1) 前記固定部に近接する一方の最外極小点と他方の最
 外極小点とを結ぶことにより構成される基準線より、前
 記圧電/電歪層の中央部付近における上面の少なくとも
 一部分が、前記振動部と反対方向に突出していること。
 (2) 前記最外極小点が存在しない場合は、前記最短寸法
 に沿う振動部の上面のうち、前記固定部との境界点に対
 応する点を最外極小点とすること。

(3) 前記振動部の前記固定部との境界部分を0地点と
 し、前記振動部の最短寸法長を100としたとき、前記
 最外極小点が前記0地点から前記振動部における最短寸
 法長の40%の範囲にない場合は、前記振動部に沿う上
 面のうち、前記固定部との境界点に対応する点を最小極
 小点とすること。

【請求項23】請求項22記載の表示装置において、
 前記突出量 t が、 $m/1000 \leq t \leq m/10$ であるこ
 とを特徴とする表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、消費電力が小さ
 く、画面輝度の大きな表示装置に関し、特に、入力され
 る画像信号の属性に応じて光導波板に対するアクチュエ
 ータ部の接触・離隔方向の変位動作を制御して、光導波
 板の所定部位の漏れ光を制御することにより、光導波板
 に画像信号に応じた映像を表示させる表示装置の改良に
 関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来から、表示装置として、陰極線管
 (CRT) や液晶表示装置等の表示装置が知られてい
 る。

【0003】陰極線管としては、通常のテレビジョン受
 像機やコンピュータ用のモニタ装置等が知られている

が、画面は明るいものの、消費電力が大きく、また、画
 面の大きさに比較して表示装置全体の奥行きが大きくな
 るという問題がある。

【0004】一方、液晶表示装置は、装置全体を小型化
 でき、消費電力が少ないという利点があるものの、画面
 の輝度が劣り、画面視野角度が狭いという問題がある。

【0005】更にこれら陰極線管や液晶表示装置におい
 ては、カラー画面にする場合、画素数を白黒画面の3倍
 にしなければならず、このため、装置自体が複雑になり、
 消費電力がかさみ、コストアップが避けられないとい
 う問題もあった。

【0006】そこで、本出願人は、上記問題を解決する
 べく、新規な表示装置を提案した(例えば、特開平7-
 287176号公報参照)。この表示装置は、図30に
 示すように、画素毎に配列されたアクチュエータ部10
 0を有し、各アクチュエータ部100は、圧電/電歪層
 102と該圧電/電歪層102の上面及び下面にそれぞ
 れ形成された上部電極104と下部電極106とを具備
 したアクチュエータ部本体108と、該アクチュエータ
 部本体108の下部に配設された振動部110と固定部
 112からなる基体114とを有して構成されている。
 アクチュエータ部本体108の下部電極106は、振動
 部110と接触して、該振動部110により上記アクチ
 ュエータ部本体108が支持されている。

【0007】上記基体114は、振動部110及び固定
 部112が一体となってセラミックスから構成され、更
 に、基体114には、上記振動部110が薄肉になるよ
 うに凹部116が形成されている。

【0008】また、アクチュエータ部本体108の上部
 電極104には、光導波板118との接触面積を所定の
 大きさにするための変位伝達部120が接続されてい
 る。図30の例では、上記変位伝達部120は、アクチ
 ュエータ部100が静止しているOFF選択あるいは非
 選択状態において、光導波板118に近接して配置さ
 れ、ON選択状態において上記光導波板118に光の波
 長以下の距離で接触するように配置されている。

【0009】そして、上記光導波板118の例えば端部
 から光122を導入する。この場合、光導波板118の
 屈折率の大きさを調節することにより、全ての光122
 が光導波板118の前面及び背面において透過すること
 なく内部で全反射する。この状態で、上記上部電極10
 4及び下部電極106を通してアクチュエータ部100
 に画像信号の属性に応じた電圧信号を選択的に印加し
 て、該アクチュエータ部100にON選択、OFF選択
 及び非選択の各種変位動作を行わせることにより、上記
 変位伝達部120の光導波板118への接触・離隔が制
 御され、これにより、上記光導波板118の所定部位の
 散乱光(漏れ光)124が制御されて、光導波板118

に画像信号に応じた映像の表示がなされる。

【0010】この表示装置によれば、(1)消費電力を少なくできること、(2)画面輝度を大きくすることができること、(3)カラー画面にする場合において、画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないこと、等の利点を有する。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記提案例に係る表示装置においては、アクチュエータ部本体108の構成を圧電／電歪層102に上部電極104と下部電極106を形成した、いわゆるサンドイッチ構造としているため、アクチュエータ部本体108での静電容量がどうしても大きくなり、しかも、アクチュエータ部本体108間の配線抵抗との関係で信号伝達上のCR時定数が大きくなるというおそれがある。

【0012】上記CR時定数が大きくなると、画像信号の属性に応じた電圧信号の信号波形になまりが生じ、各電極に規定電圧を印加できないという問題が発生する。これは、圧電／電歪層102に必要な歪みを与えることができないことにつながり、特に、電圧信号が供給される部分から遠い位置に配されたアクチュエータ部100に対応する部位（例えば画面周辺部や中央部等）において、表示輝度が弱くなるおそれがある。

【0013】また、前記提案例に係る表示装置において、サンドイッチ構造のアクチュエータ部本体108、振動部110及び固定部112からなるアクチュエータ部100の屈曲変位特性をみた場合、図31Bに示すように、基準電界点（電界 $E=0$ の点）を中心に電界の正方向と負方向とで対称形となっている。ここで、屈曲変位は、アクチュエータ部100が一方向（圧電／電歪層102上に形成された上部電極104が自由空間を臨む方向）に対して凸状に変位する場合を正方向、凹状に変位する場合を負方向としている。

【0014】この変位特性は、上部電極104及び下部電極106間に所定電圧を印加し、圧電／電歪層102を分極処理した後、アクチュエータ部100に加えられる電界が例えば $+3E \rightarrow -3E \rightarrow +3E$ の電界となるように、上部電極104及び下部電極106間に印加される電圧を連続的に変化させたときのアクチュエータ部100の変位をみたものである。

【0015】即ち、アクチュエータ部100に対し、まず、正方向に分極用の電界（例えば $+5E$ ）をかけて圧電／電歪層102を分極処理した後、上部電極104及び下部電極106間への電圧印加を停止して電圧無負荷状態とする。そして、測定開始と共に、アクチュエータ部100に周波数1Hz、ピーク値 $\pm 3E$ のサイン波

（図31A参照）を印加し、そのときの各ポイント（点A～点D）での変位量をレーザ変位計を用いて連続的に測定する。そのときの測定結果を電界－屈曲変位グラフにプロットしたものが図31Bの特性図である。図31

Bの矢印に示されるように、屈曲変位の変位量は、電界の連続的な増減によって連続的に変化している。

【0016】具体的に、前記測定を電界 $+3E$ から開始したとすると、図32Aに示すように、まず、アクチュエータ部100には、分極方向と同じ方向に電界が印加されることから、圧電／電歪層102は上部電極104及び下部電極106間方向に伸び、上部電極104及び下部電極106と平行な方向に縮みを生ずる。その結果、アクチュエータ部全体は負方向に $0.9\Delta y$ ほど変位する。

【0017】その後、電界を $+3E$ から $-0.5E$ に変化させていくと、変位量は徐々に減少していく。電界が負方向になると、図32Bに示すように、分極の向きと反対方向に電界がかかるため、圧電／電歪層102は、上部電極104及び下部電極106と平行な方向に伸びを発生し、変位は正方向へと変化していく。

【0018】次に、 $-0.5E \rightarrow -3E$ へと電界を変化させていくと、徐々に分極の向きが反転しはじめる。即ち、電界の向きと分極の向きがそろいはじめる。図31Bの点B→点c→点Cのうち、点cでほぼ分極が完全に反転していると思われる。その理由は、点c～点C間でヒステリシスがみられないためである。

【0019】そして、図33Aに示すように、電界の向きと分極の向きがそろうことによって、圧電／電歪層102は、水平方向に伸びる状態から縮む状態へと変化していく。電界が $-3E$ となった段階では、その変位量は、測定開始時点における変位量（ $0.9\Delta y$ ）とほぼ同じになる。

【0020】つまり、分極方向と電界方向が一致した場合、圧電／電歪層102は、電極104及び106の平行方向に縮む（電極104及び106間方向に伸びる）ことになり、これは点A及び点Cの状態が対応する。また、分極方向と電界方向が反対向きの場合、圧電／電歪層102は、電極104及び106の平行方向に伸びる（電極104及び106間方向に縮む）ことになり、これは点B及び点Dの状態が対応する。なお、 $1E \approx 1.7\text{ kV/mm}$ 、 $1\Delta y \approx 1.6\mu\text{m}$ である。

【0021】その後、電界を $-3E$ から $+0.5E$ に変化させていくと、変位量は徐々に減少し、電界が正方向になると、図33Bに示すように、分極の向きと反対方向に電界がかかるため、圧電／電歪層102は、上部電極104及び下部電極106と平行な方向に伸びを発生し、変位は正方向へと変化していく。

【0022】そして、 $+0.5E \rightarrow +3E$ へと電界を変化させていくと、徐々に分極の向きが反転しはじめ、電界の向きと分極の向きがそろうことによって、圧電／電歪層102は、水平方向に伸びる状態から縮む状態へと変化していく。

【0023】このように、前記提案例に係る表示装置におけるアクチュエータ部100においては、屈曲変位特

性が基準電界点（電界 $E=0$ ）を中心に電界の正方向と負方向とで対称形になっていることから、電圧無負荷状態と電圧印加状態での相対変位量や、互いに逆方向の電界をかけた状態での相対変位量が小さく、アクチュエータ部100に対する制御が困難になるおそれがある。これは、画質の向上を図る上で不利になる可能性があるため、早急にその対策を講じる必要がある。

【0024】本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、カラー表示方式に適用させた場合であっても画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点に加えて、アクチュエータ部での静電容量を低減することができるという利点を有し、表示画面全面に白色を表示させた場合に、むらのない表示輝度を得ることができ、画質の向上を図ることができる表示装置を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の本発明に係る表示装置は、光が導入される光導波板と、該光導波板の一方の板面に対向して設けられ、かつ多数の画素に対応した数のアクチュエータ部が配列された駆動部を具備し、入力される画像信号の属性に応じて前記光導波板に対する前記アクチュエータ部の接触・離隔方向の変位動作を制御して、前記光導波板の所定部位の漏れ光を制御することにより、前記光導波板に前記画像信号に応じた映像を表示させる表示装置において、前記アクチュエータ部として、圧電／電歪層と該圧電／電歪層の一主面に形成された一対の電極とを有するアクチュエータ部本体と、前記圧電／電歪層の他主面に接して前記アクチュエータ部本体を支持する振動部と、前記振動部を振動可能に支持する固定部とを具備させ、前記一対の電極への電圧印加によって生じる前記アクチュエータ部の変位動作を光導波板に伝達する変位伝達部を設けて構成する。

【0026】これにより、まず、光導波板の例えば端部から導入される光は、光導波板の屈折率の大きさを調節することにより、全ての光が光導波板の前面及び背面において透過することなく内部で全反射する。この状態において、光導波板の例えば背面に変位伝達部が光の波長以下の距離で接触すると、それまで全反射していた光は、光導波板の背面に接触している変位伝達部の表面まで透過する。一旦、変位伝達部の表面に到達した光は、変位伝達部の表面で反射して散乱光として、一部は再度光導波板の中で反射するが、散乱光の大部分は光導波板で反射されることなく、光導波板の前面を透過することになる。

【0027】このように、光導波板の背面にある変位伝達部の接触の有無により、光導波板の前面における光の発光（漏れ光）の有無を制御することができる。この場合、光導波板に対して変位伝達部を接触・離隔方向に変位動作させる1つの単位を1画素として考えれば、この画素を多数マトリクス状に配列し、入力される画像信号

の属性に応じて各画素での変位動作を制御することにより、陰極線管や液晶表示装置と同様に、光導波板の前面に画像信号に応じた映像（文字や図形等）を表示させることができる。

【0028】次に、本発明に係る表示装置をカラー表示方式に適用する場合について説明する。まず、人間の色の認識は、視覚神経に残存する三原色の混合によって行われると考えられている。つまり、三原色の混合を行う現行のカラー表示方式と同様の作用が人間の視覚中において行われていることになる。

【0029】これを知って、本発明の発色の原理について説明すると、該発色の原理は、色の三原色であるR（赤）、G（緑）、B（青）の混合方式で規定される。ここで、発色させる周期を T として、RGBの最大発光時間を3分割することを考える。RGBの発光時間の比率が1:1:1であれば、白色光となり、RGBの発光時間の比率が4:1:5であれば、その比率に応じた中間色になる。従って、発色させる時間の制御は、光導波板と変位伝達部との接触時間を発色させる周期に同期させて、三原色の発光時間を制御してもよいし、三原色の発光時間を発色させる周期に同期させて、光導波板と変位伝達部との接触時間を制御することもできる。

【0030】このようなことから、本発明に係る表示装置においては、カラー表示方式に適用させる場合であっても、画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点がある。

【0031】また、本発明に係る表示装置は、変位伝達部を選択的に変位させるアクチュエータ部本体の構成として、圧電／電歪層と、該圧電／電歪層の一主面に形成された一対の電極とを有するようにしている。この場合、一対の電極に所定の電圧が印加されると、圧電／電歪層の一主面において面方向に電界が生じる。なお、この電界の強さは、圧電／電歪層の一主面（表面）が最も大きく、深さ方向に徐々に小さくなる。

【0032】圧電／電歪層はその一主面の面方向に発生した電界に応じて伸びを生じるが、圧電／電歪層をその他主面において支持する振動部には伸びは生じないため、圧電／電歪層の一主面と他主面とで歪みに違いが生じ、その結果、圧電／電歪層は一主面側を凸とした弾性変形が生じる。この圧電／電歪層の凸状の弾性変形によって変位伝達部が光導波板側に変位し、上述したような光導波板からの漏れ光の発生を誘起する。

【0033】本発明に係る表示装置においては、圧電／電歪層の一主面側に一対の電極が形成されて、一対の電極間に空気又は変位伝達部の構成材料（圧電／電歪層と比して誘電率が非常に小さい）が介在することとなるため、アクチュエータ部本体の静電容量は小さくなり、それに伴って信号伝達上のCR時定数も小さくなる。即ち、画像信号の属性に応じた電圧信号の信号波形にな

【0034】これにより、各画素における一對の電極に選択的に規定電圧を印加することが可能となつて、各圧電／電歪層に必要な伸びを与えることができ、特に、電圧信号供給部分から遠い位置に配されたアクチュエータ部に対応する部位（例えば画面周辺部や中央部等）において、表示輝度が弱くなるということも抑制される。

【0035】このように、本発明に係る表示装置においては、カラー表示方式に適用させた場合であっても画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点に加えて、アクチュエータ部での静電容量を低減することができるという利点を有し、表示画面全面に白色を表示させた場合に、むらのない表示輝度を得ることができ、画質の向上を図ることができる。

【0036】また、例えば製造過程において、圧電／電歪層の一部が絶縁破壊等によってその上の電極の一部と共に消失した場合、圧電／電歪層の補修を行わなくとも消失した電極を補修するだけで十分にアクチュエータ部として機能するため、製造工程の途中において全面作り直し等の無駄をなくすることができると共に、表示装置の歩留まりの向上を達成させることができる。

【0037】上記本発明に係る表示装置において、前記振動部及び前記固定部をセラミックスにて一体に形成し、前記振動部に対応する箇所に空所を形成して、該振動部が薄肉となるようにすれば（請求項2記載の発明）、固定部と振動部を容易に作製することが可能となり、表示装置の製造コストの低廉化を図る上で有利となる。

【0038】また、セラミックスにて構成される基体に空所を設けることによって厚肉の固定部と薄肉の振動部が形成されるかたちとなるため、振動部は圧電／電歪層の伸びに敏感に反応し、電圧信号の変化に対して追従性の高い振動部とすることができる。また、振動部と固定部との境部分の剛性が十分に確保されるため、振動部の振動に伴う上記境部分の疲れによる破壊は発生しにくくなる。

【0039】上記本発明に係る表示装置において、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状を共に角のとれた形状とし、前記空所の平面形状の大きさを圧電／電歪層のそれよりも大にしてもよい（請求項3記載の発明）。この場合、振動部と固定部との境部分が空所の平面形状と同様に角のとれた形状となるため、振動部の振動によって発生する応力が局部的に集中するということがなく、前記境部分での疲れ限度を向上させることができ、アクチュエータ部の長寿命化、ひいては表示装置の長寿命化を実現させることができる。

【0040】前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状は共に円形としてもよいし（請求項4記載の発明）、共に長円形状としてもよい（請求項5記載の発明）。また、前記空所及び前記圧電／電歪層の各平面形状は共に矩形状であつて、コーナ一部が角のとれた形状としても

よいし（請求項6記載の発明）、共に多角形状であつて、各頂角部分が丸みを帯びた形状としてもよい（請求項7記載の発明）。

【0041】この場合、振動部の周縁すべてが固定部に支持されることになり、振動部の周縁部分での疲れ限度が大幅に向上し、アクチュエータ部の長寿命化、ひいては表示装置の長寿命化をより実現させることができる。

【0042】上記本発明に係る表示装置において、前記一對の電極における前記圧電／電歪層上での平面形状を、一對の電極が互いに並行に、かつ相互に離間されて渦巻き状に配線された形状としてもよい（請求項8記載の発明）。この場合、一對の電極に所定の電圧が印加されると、圧電／電歪層の一主面には放射状（等方的）に電界が生じ、そのため、圧電／電歪層は、一主面では放射状（等方的）に伸びが生じる。このとき、圧電／電歪層の深い部分では、表面部分の伸びよりも小さい伸びが放射状（等方的）に生じるか、あるいは縮みが放射状（等方的）に生じ、これにより、圧電／電歪層は効率よくその中心部が凸となるように変位し、しかも、各画素間での変位上のばらつきも少なくなる。

【0043】上記本発明に係る表示装置において、前記一對の電極における前記圧電／電歪層上での平面形状を共に、前記圧電／電歪層上の中心に向かって延びる幹部から多数枝分かれした形状を有し、前記一對の電極が、相互に離間されて相補形に配列された形状としてもよい（請求項9記載の発明）。この場合、前記請求項8記載の発明と同様に、一對の電極に所定の電圧が印加された場合、圧電／電歪層は、一主面では放射状（等方的）に伸びが生じる。このとき、圧電／電歪層の深い部分では、表面部分の伸びよりも小さい伸びが放射状（等方的）に生じるか、あるいは縮みが放射状（等方的）に生じることから、効率よくその中心部が凸となるように変位し、各画素間での変位上のばらつきも少なくなる。

【0044】特に、請求項9記載の発明は、幹部と枝部とに分かれているため、圧電／電歪層の一部、例えば枝部に対応する圧電／電歪層が絶縁破壊等によって該枝部と共に消失したとしても、他に与える影響は非常に小さく、幹部が残存している限り、アクチュエータ部として十分機能することとなる。もちろん、前記消失した電極の枝部を補修するだけで、消失前の機能に戻すことができ、表示装置に対する保守の簡易化を実現できる。

【0045】上記本発明に係る表示装置において、前記一對の電極間に、前記圧電／電歪層の分極方向を反転させる信号を印加することにより、自発歪みを除去して前記アクチュエータ部を駆動するようにしてもよい（請求項10記載の発明）。即ち、アクチュエータ部本体の一對の電極間に電圧信号を与えるごとに、圧電／電歪層の分極方向を反転させる信号（例えば $+100\text{V} \rightarrow -100\text{V} \rightarrow +100\text{V} \rightarrow -100\text{V}$ の交番信号）を印加して、アクチュエータ部を駆動する。この場合、アクチュ

エータ部での変位量を常に高く維持することができる。これは、圧電／電歪層の自発歪み分の変位量を常に付加したかたちで変位が得られるためである。このような状態とすることで、表示装置におけるON/OFF制御が容易となり、画質の向上を図る上で有利となる。なお、圧電／電歪層を上部電極及び下部電極にて挟んだ構造、即ち、サンドイッチ構造では、上記駆動を行っても変位量は大きくならない。

【0046】上記本発明に係る表示装置において、前記一対の電極間の所定電界の4倍以上の印加電界による前記アクチュエータ部の屈曲変位特性が、基準電界点を中心に非対称となるように構成してもよい（請求項1記載の発明）。

【0047】前記屈曲変位特性は、アクチュエータ部本体における一対の電極間に分極用の電圧を印加して圧電／電歪層を分極処理した後、アクチュエータ部に加えられる電界が交替的に変化するように、一対の電極間に印加される電圧を連続的に変化させたときのアクチュエータ部の屈曲変位をみたものであり、この場合の屈曲変位とは、アクチュエータ部が一方（圧電／電歪層上に形成された一対の電極が自由空間を臨む方向）に対して凸状に変位する場合を正方向、凹状に変位する場合を負方向としている。ここで、前記所定電界とは、圧電／電歪層の一主面（表面）に近い部分の分極の向きが逆電界の印加によって反転する電界をいう。

【0048】具体的には、例えば圧電／電歪層を分極処理するために一対の電極間に例えば正方向に所定電圧をかけると、圧電／電歪層の一主面において面方向に正方向の電界が生じる。圧電／電歪層に発生する電界の強さは、前記一主面が最も大きく、深さ方向に徐々に小さくなる。圧電／電歪層は、前記正方向の電界の発生によって、該電界と同じ方向に分極処理される。その後、例えば一対の電極間への電圧印加を停止して電圧無負荷状態とする。

【0049】そして、アクチュエータ部に加えられる電界が交替的に変化するように、一対の電極間に印加される電圧を連続的に変化させる。このとき、例えば分極処理時に生じていた電界の方向（例えば正方向）と同じ方向に電界が生じている段階においては、圧電／電歪層における分極方向と電界の方向とが一致し、圧電／電歪層の表面近くでは電界が強くなることから、圧電／電歪層は水平方向に伸びることになる。これによって、圧電／電歪素子本体は、一方及び他方向のいずれかの方向に変位するものと考えられる。

【0050】その後、一対の電極間に印加される電圧が変化して、アクチュエータ部に分極処理時の電界の方向と逆の方向の電界が発生している段階では、以下のような作用を行うことになる。

【0051】まず、電界が弱い段階では、圧電／電歪層の分極の方向と電界の方向が互いに逆になっており、圧

電／電歪層は、水平方向に縮むこととなる。これによって、アクチュエータ部は、他方向に屈曲変位する。その後、電界が強くなってくると、圧電／電歪層の表面部分の分極が反転しはじめ、圧電／電歪層の表面付近では分極の方向と電界の方向が一致し、圧電／電歪層の深い部分では分極の方向と電界の方向が逆になるという現象が生じる。即ち、圧電／電歪層において、2種類の分極が存在することとなり、擬似的なバイモルフ型の圧電／電歪素子として機能することになる。

【0052】その結果、圧電／電歪層の一主面に近い部分と、振動部に近い部分での歪み方向が互いに逆になり、全体として一方（圧電／電歪層上に形成された一対の電極が自由空間を臨む方向）に凸状変位し、その変位量は、前記擬似的なバイモルフ的な作用によって非常に大きいものとなる。

【0053】特に、本発明では、その変位特性が基準電界点を中心に電界の正方向と負方向とで非対称形となっていることから、例えば周期的に変化する電界の2つのピーク値におけるそれぞれの屈曲変位量において差が生じる。これにより、電圧無負荷状態と電圧印加状態での相対変位量や、互いに逆方向の電界をかけた状態での相対変位量が大きくなる。従って、表示装置の画素単位に配列されるアクチュエータ部とした場合に、これらアクチュエータ部に対する制御が容易になり、表示装置における画質の向上を図る上で非常に有利になる。

【0054】そして、前記構成において、前記基準電界点を基準とし、絶対値が同一で方向が異なる2つの所定電界の4倍以上の電界をそれぞれ印加したときの屈曲変位量をA、Bとしたとき、 $A \geq 1.5B$ の関係を有することが好ましい（請求項12記載の発明）。この関係によって、屈曲変位特性として、基準電界点を中心に非対称となる特性を得ることができる。

【0055】また、前記構成において、前記一対の電極に印加される所定の電圧範囲に関し、前記多数の駆動部のうち、ON選択とすべきアクチュエータ部に対して、前記屈曲変位特性における一方の変位量が最大である方向に電圧を印加し（請求項13記載の発明）、OFF選択あるいは非選択とすべきアクチュエータ部に対して、前記屈曲変位特性における一方の変位量が最小である方向に電圧を印加するようにしてもよい（請求項14又は請求項15記載の発明）。これによって、ON選択されたアクチュエータ部は一方に最大変位し、OFF選択あるいは非選択とされたアクチュエータ部は最小変位とされ、ON選択されたアクチュエータ部とOFF選択（あるいは非選択）されたアクチュエータ部において変位上の違いが明確となり、表示画面に表示される画像のコントラストや輪郭を鮮明にさせることが可能となる。

【0056】また、前記構成において、前記一対の電極間の距離を x （ $1 \mu m \leq x \leq 200 \mu m$ ）、前記圧電／

電歪層の厚みを y ($1\mu\text{m} \leq y \leq 100\mu\text{m}$) としたとき、 $y = ax$ の関係を有し、かつ、 $1/10 \leq a \leq 10$ として構成してもよい (請求項 16 記載の発明)。

【0057】この場合、前記一対の電極間の印加電界による前記アクチュエータ部の屈曲変位特性が、請求項 11 記載の発明に示すような屈曲変位特性、即ち、基準電界点を中心に非対称となる特性を得ることができる。そのため、この請求項 16 記載の本発明に係る表示装置においても、前記請求項 11 記載の表示装置と同様に、画素単位に配列されたアクチュエータ部に対する制御が容易になり、表示装置における画質の向上を図る上で非常に有利になる。

【0058】前記構成において、 $1/5 \leq a \leq 10$ とすることが好ましく (請求項 17 記載の発明)、 $1/2 \leq a \leq 5$ であって、かつ $1\mu\text{m} \leq x \leq 60\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m} \leq y \leq 40\mu\text{m}$ であれば更に好ましい (請求項 18 記載の発明)。

【0059】また、前記構成において、前記圧電/電歪層の厚み y と前記振動部の厚みを特定した場合、振動部の厚みを z ($1\mu\text{m} \leq z \leq 50\mu\text{m}$) としたとき、 $y = bz$ の関係を有し、かつ、 $1/5 \leq b \leq 10$ とすれば (請求項 19 記載の発明)、屈曲変位量を増大させることが可能となる。

【0060】前記構成において、 $1/3 \leq b \leq 5$ とすることが好ましく (請求項 20 記載の発明)、 $1/3 \leq b \leq 5$ であって、かつ $1\mu\text{m} \leq y \leq 40\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m} \leq z \leq 20\mu\text{m}$ であれば更に好ましい (請求項 21 記載の発明)。

【0061】更に、請求項 10～請求項 21 記載の発明において、前記振動部の中心を通る最短寸法における断面形状が、電圧無負荷状態で以下の条件を満足するように構成すれば (請求項 22 記載の発明)、電圧無負荷状態と電圧印加状態でのアクチュエータ部の相対変位量を大きくすることができるため、表示装置における ON/OFF 制御が容易となり、画質の向上を図る上で有利となる。しかも、作製されたアクチュエータ部に対して必ず一方への大きな屈曲変位を行わせることができ、表示装置の歩留まりの向上を達成させることができる。

【0062】(1) 前記固定部に近接する一方の最外極小点と他方の最外極小点とを結ぶことにより構成される基準線より、前記圧電/電歪層の中央部付近における上面の少なくとも一部分が、前記振動部と反対方向に突出していること。

【0063】(2) 前記最外極小点が存在しない場合は、前記最短寸法に沿う振動部の上面のうち、前記固定部との境界点に対応する点を最外極小点とすること。

【0064】(3) 前記振動部の前記固定部との境界部分を 0 地点とし、前記振動部の最短寸法長を 100 としたとき、前記最外極小点が前記 0 地点から前記振動部における最短寸法長の 40% の範囲にない場合は、前記最短

寸法に沿う振動部の上面のうち、前記固定部との境界点に対応する点を最外極小点とすること。

【0065】特に、請求項 22 記載の発明において、前記突出量 t を、 $m/1000 \leq t \leq m/10$ とすれば更に好ましい (請求項 23 記載の発明)。

【0066】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る表示装置の実施の形態例 (以下、単に実施の形態に係る表示装置と記す) を図 1～図 29 を参照しながら説明する。

10 【0067】本実施の形態に係る表示装置は、図 1 に示すように、光 10 が導入される光導波板 12 と、該光導波板 12 の背面に対向して設けられ、かつ多数のアクチュエータ部 14 が画素に対応して配列された駆動部 16 を有して構成されている。

【0068】駆動部 16 は、例えばセラミックスにて構成された基体 18 を有し、該基体 18 の各画素に応じた位置にアクチュエータ部 14 が配設されている。上記基体 18 は、一主面が光導波板 12 の背面に対向するように配置されており、該一主面は連続した面 (面一) とされている。基体 18 の内部には、各画素に対応した位置にそれぞれ後述する振動部を形成するための空所 20 が設けられている。各空所 20 は、基体 18 の他端面に設けられた径の小さい貫通孔 18a を通じて外部と連通されている。

【0069】上記基体 18 のうち、空所 20 の形成されている部分が薄肉とされ、それ以外の部分が厚肉とされている。薄肉の部分は、外部応力に対して振動を受けやすい構造となって振動部 22 として機能し、空所 20 以外の部分は厚肉とされて上記振動部 22 を支持する固定部 24 として機能するようになっている。

【0070】つまり、基体 18 は、最下層である基板層 18A と中間層であるスペーサ層 18B と最上層である薄板層 18C の積層体であって、スペーサ層 18B のうち、画素に対応する箇所に空所 20 が形成された一体構造体として把握することができる。基板層 18A は、補強用の基板として機能するほか、配線用の基板としても機能するようになっている。なお、上記基体 18 は、一体焼成であっても、後付けであってもよい。

【0071】各アクチュエータ部 14 は、図示するように、上記振動部 22 と固定部 24 のほか、該振動部 22 上に直接形成された圧電/電歪層 26 と、該圧電/電歪層 26 の上面に形成された一対の電極 28 (一方の電極 28a 及び他方の電極 28b) とを有するアクチュエータ部本体 30 と、図 1 に示すように、該アクチュエータ部本体 30 上に接続され、かつ光導波板 12 との接触面積を大きくして画素に応じた面積にする変位伝達部 32 とを有して構成されている。

【0072】即ち、本実施の形態に係る表示装置は、基体 18 上に、圧電/電歪層 26 及び一対の電極 28 からなるアクチュエータ部本体 30 を形成した構造を有す

る。一対の電極28は、圧電／電歪層26に対して上下に形成した構造や片側だけに形成した構造でもかまわないが、基体18と圧電／電歪層26との接合性を有利にするには、本実施の形態に係る表示装置のように、基体18と圧電／電歪層26とが段差のない状態で直接接するように、圧電／電歪層26の上部（基体18とは反対側）のみに一対の電極28を形成した方が好ましい。

【0073】ここで、各部材の形状について図2～図9を参照しながら説明する。まず、図2に示すように、基体18（図1参照）に形成される空所20の周面形状、即ち振動部22の平面形状は円形状とされ（破線参照）、圧電／電歪層26の平面形状（一点鎖線参照）並びに一対の電極28にて形づくられる外周形状（実線参照）も円形状とされている。この場合、振動部22の大きさが最も大きく、次いで一対の電極28の外周形状とされ、圧電／電歪層26の平面形状が最も小さく設定されている。なお、一対の電極28a及び28bの外周形状が最も大きくなるように設定してもよい。

【0074】圧電／電歪層26上に形成される一対の電極28（一方の電極28a及び他方の電極28b）の平面形状は、例えば図3に示すように、これら一対の電極28a及び28bが互いに並行し、かつ相互に離間された数ターンの渦巻き状とされている。この渦巻きのターン数は、実際は、5ターン以上であるが、図3の例では、図面の複雑化を避けるために3ターンとして記載してある。

【0075】そして、各電極28a及び28bに通じる配線は、図2に示すように、多数の画素の行数に応じた本数の垂直選択線40と、多数の画素の列数に応じた本数の信号線42とを有する。各垂直選択線40は、各画素（アクチュエータ部14：図1参照）における一方の電極28aに電気的に接続され、各信号線42は、各画素14の他方の電極28bに電気的に接続されている。また、上記各垂直選択線40は、前列の画素に関する一方の電極28aから導出されて当該画素14に関する一方の電極28aに接続されて、一つの行に関し、シリーズに配線された形となっている。信号線42は、列方向に延びる本線42aと該本線42aから分岐して各画素14の他方の電極28bに接続される支線42bからなる。

【0076】各垂直選択線40への電圧信号の供給は、図示しない配線基板（基体18の他主面に貼り合わされている）からスルーホール44を通じて行われ、各信号線42への電圧信号の供給も、図示しない上記配線基板からスルーホール46を通じて行われるようになっている。

【0077】スルーホール44及び46の配置パターンとしては種々のものが考えられるが、図2の例では、垂直選択線40のスルーホール44は、行数をM、列数をNとしたとき、 $N=M$ 又は $N>M$ の場合においては、n

行n列（ $n=1, 2, \dots$ ）の画素の近傍で、かつ（ $n-1$ ）列の信号線（本線42a）寄りの位置に形成され、 $N<M$ の場合においては、（ $\alpha N+n$ ）行n列（ $\alpha=0, 1, \dots (M/N \text{の商}-1)$ ）の画素の近傍で、かつ（ $n-1$ ）列の信号線（本線42a）寄りの位置に形成される。

【0078】一方、信号線42のスルーホール46は、 $N=M$ 又は $N<M$ の場合においては、各信号線42の本線42a上であって、かつn行n列（ $n=1, 2, \dots$ ）の画素に近接する位置に形成され、 $N>M$ の場合においては、各信号線42の本線42a上であって、かつn行（ $\beta M+n$ ）列（ $\beta=0, 1, \dots (N/M \text{の商}-1)$ ）の画素に近接する位置に形成される。また、垂直選択線40のスルーホール44は、信号線42の場合と異なって、垂直選択線40上に形成されないため、スルーホール44と一方の電極28a間にそれらの電気的導通を図るための中継導体48が形成される。

【0079】なお、各垂直選択線40と各信号線42とが交差する部分には、互いの配線40及び42間の絶縁をとるためにシリコン酸化膜、ガラス膜、樹脂膜等からなる絶縁膜50（二点鎖線で示す）が介在されている。

【0080】上記一対の電極28の平面形状としては、図3に示す渦巻き形状のほかに、図4に示すような形状としてもよい（第1の変形例に係る表示装置）。具体的には、この第1の変形例に係る表示装置は、一対の電極28a及び28bが共に、上記圧電／電歪層26上の中心に向かって延びる幹部52及び54と該幹部52及び54から多数枝分かれしてなる枝部56及び58を有する形状を具備し、かつ一対の電極28a及び28bが、相互に離間されて相補形に配列された形状（以下、便宜的に多枝形状と記す）とされている。

【0081】上記実施の形態に係る表示装置及びその第1の変形例に係る表示装置では、振動部22の平面形状、圧電／電歪層26の平面形状及び一対の電極28にて形づくられる外周形状を円形状とした場合を示したが、その他、図5及び図6に示すように長円形状（トラック形状：第2及び第3の変形例に係る表示装置）や、図7に示すように楕円形状としてもよい（第4の変形例に係る表示装置）。

【0082】また、図8に示すように、振動部22の平面形状及び圧電／電歪層26の平面形状を共に矩形とし、コーナー部が角のとれた形状や（第5の変形例に係る表示装置）、図9に示すように、振動部22の平面形状及び圧電／電歪層26の平面形状を共に多角形状（例えば八角形状）とし、各頂角部分が丸みを帯びた形状（第6の変形例に係る表示装置）としてもよい。

【0083】また、振動部22の形状、圧電／電歪層26の平面形状、一対の電極28にて形づくられる外周形状は、円と楕円の組み合わせでもよいし、矩形と楕円の組み合わせでもよく、特に限定されるものではない。

また、圧電／電歪層26の平面形状は、図10及び図11に示すように、リング状とすることも好ましく採用される。この場合も、図13A～13Cに示すように、外周形状として、円、楕円、矩形状など種々のものが挙げられる。図12に圧電／電歪層26の平面形状を円環状とし、一対の電極28a及び28bを多枝形状とした例を示す。

【0084】図2、図8及び図9の例では、基体18上での各アクチュエータ部14（画素）の配置をマトリクス状とした例を示したが、その他、図7で示す第4の変形例に係る表示装置のように、各行に対して画素（アクチュエータ部14）を千鳥状に配置するようにしてもよい。この図7の配置パターンの場合、各行に関するアクチュエータ部14（画素）の配置が千鳥状となることから、各行に関し、それぞれ垂直選択線40を結ぶライン（一点鎖線aで示す）はジグザグ状とされる。信号線42は、図示しない配線基板において、破線bに示すように、上記千鳥状に配される画素14のうち、例えば垂直方向上側に位置する画素（アクチュエータ部14）に対応する箇所に2本の信号線42を互いに近接させて配線したパターンを有する。そして、図7上、千鳥状に配される画素のうち、例えば垂直方向上側に位置する画素（アクチュエータ部14）の他方の電極28bが、上記互いに近接する2本の信号線42及び42のうち、右側の信号線42と中継導体60及びスルーホール62を通じて電気的に接続され、垂直方向下側に位置する画素（アクチュエータ部14）の他方の電極28bが、上記互いに近接する2本の信号線42及び42のうち、左側の信号線42と中継導体64及びスルーホール66を通じて電気的に接続される。

【0085】次に、上記実施の形態に係る表示装置の動作について図1、図14～図26を参照しながら説明するが、最初に、各アクチュエータ部14での2つの動作例を説明し、次いで、表示装置自体の動作を説明する。

【0086】まず、アクチュエータ部14の第1の動作例について図1、図14及び図15を参照しながら説明する。図1に示す本実施の形態に係る表示装置の各画素（アクチュエータ部14）において、アクチュエータ部14の一方の電極28a及び他方の電極28bに電圧信号が印加されていない場合、即ち、電圧無負荷状態では、一対の電極28a及び28b間に電圧（電位差）は生じないため、圧電／電歪層26に伸びは生じず、変位伝達部32と光導波板12とは離隔された状態にある。

【0087】次に、図14に示すように、アクチュエータ部14の一方の電極28aに例えば正の電圧信号が印加され、他方の電極28bに負の電圧信号が印加されて、一対の電極28a及び28b間が所定電圧となった場合、即ち、電圧印加状態では、圧電／電歪層26の一主面において面方向に電界E（電気力線c参照）が生じる。なお、この電界Eの強さは、圧電／電歪層26の一

主面（表面）が最も大きく、深さ方向に徐々に小さくなる。

【0088】上記電圧印加状態であって、かつ一対の電極28a及び28b間にON選択とすべき電圧が印加されると、前記圧電／電歪層26は、その一主面の面方向に発生した電界Eに応じて伸びを生じるが、圧電／電歪層26をその他主面において支持する振動部22には伸びは生じないため、圧電／電歪層26の一主面と他主面とで歪みに違いが生じ、その結果、図1に示すように、圧電／電歪層26は一主面側を凸とした弾性変形が生じる。この圧電／電歪層26の凸状の弾性変形によって変位伝達部32が光導波板12側に屈曲変位し、該変位伝達部32は光導波板12に接触することとなる。

【0089】上記変位伝達部32は、アクチュエータ部本体30の屈曲変位に対応して光導波板12の背面に接触するものであるが、変位伝達部32が光導波板12の背面に接触すると、例えば光導波板12内で全反射されていた光10が、光導波板12の背面を透過して変位伝達部32の表面まで透過し、変位伝達部32の表面で反射する。

【0090】このように、変位伝達部32は、光導波板12の背面を透過した光10を反射するため、更には光導波板12との接触面積を所定以上に大きくするために設けられるものである。即ち、変位伝達部32と光導波板12との接触面積により、発光面積が規定される。

【0091】そして、本実施の形態に係る表示装置では、上記変位伝達部32は、実質的な発光面積を規定する板部材32aとアクチュエータ部本体30の変位を板部材32aに伝達するための変位伝達部材32bを有する。

【0092】なお、変位伝達部32と光導波板12との接触とは、変位伝達部32と光導波板12とが光10（光導波板12に導入される光10）の波長以下の距離に位置することを意味する。

【0093】一方の電極28a及び他方の電極28bへの電圧信号の供給を停止して、例えばOFF選択あるいは非選択とした場合、一対の電極28a及び28b間に所定電圧は生じなくなるため、圧電／電歪層26は上記凸の状態から元の状態に復元し、変位伝達部32と光導波板12とは離隔された状態となる。

【0094】上記アクチュエータ部14の動作時において、アクチュエータ部本体30の一対の電極28a及び28b間に、前記圧電／電歪層26の分極方向を反転させる信号を印加することにより、自発歪みを除去して上記アクチュエータ部14を駆動するようにしてもよい。

【0095】具体的には、ON選択の場合は、アクチュエータ部本体30の一対の電極28a及び28b間に電圧信号を与えるごとに、圧電／電歪層26の分極方向を反転させる信号、例えば図15に示すように、+100V→-100V→+100V→-100Vの交番信号を

印加して、アクチュエータ部14を駆動する。この場合、アクチュエータ部14での変位量を常に高く維持することができる。これは、圧電/電歪層26の自発歪み分の変位量を常に付加したかたちで変位が得られるためである。なお、OFF選択あるいは非選択の場合は、電界の絶対値が小さい値、例えば絶対値が20V以下である電圧を交替的にかければよい。前記変位量の増大効果は、圧電/電歪層26の平面形状をリング状とした場合(図10～図13参照)においても、前記とほぼ同様に実現することができる。特に、圧電/電歪層26をリング状とすることにより、静電容量を更に小さくできるため、駆動信号のなまり等を有効に抑制できるという効果を得ることができる。

【0096】因みに、圧電/電歪層26を上部電極及び下部電極にて挟んだ構造、即ち、従来のサンドイッチ構造では、上記駆動を行っても変位量は大きくならない。

【0097】次に、アクチュエータ部の第2の動作例について図1、図16～図25を参照しながら説明するが、その前に、第2の動作例に基づくアクチュエータ部14の動作原理について図1、図16～図19を参照しながら説明する。

【0098】まず、本実施の形態に係る表示装置は、図16Bに示すように、前記一对の電極28a及び28b間の印加電界による前記アクチュエータ部14の屈曲変位特性が基準電界点(電界 $E=0$ の点)を中心に非対称となる。

【0099】この屈曲変位特性は、アクチュエータ部本体30における一对の電極28a及び28b間に所定電圧を印加し、圧電/電歪層26を分極処理した後、アクチュエータ部14に加えられる電圧を連続的に変化させたときのアクチュエータ部14の屈曲変位をみたものである。この場合の屈曲変位とは、図1に示すように、アクチュエータ部14が一方方向(圧電/電歪層26上に形成された一对の電極28a及び28bが自由空間を臨む方向)に対して凸状に屈曲変位する場合を正方向、凹状に屈曲変位する場合を負方向としている。

【0100】具体的に前記屈曲変位特性の測定について一例をあげて説明する。まず、図17Aに示すように、例えば圧電/電歪層26を分極処理するために一对の電極28a及び28b間に例えば正方向に所定電圧をかけると、圧電/電歪層26の一主面において面方向に正方向の電界(例えば図16Bにおいて+5Eで示す電界)が生じる。ここで、 $1E \approx 2.5 \text{ kV/mm}$ である。

【0101】圧電/電歪層26に発生する電界の強さは、前記一主面が最も大きく、深さ方向に徐々に小さくなる。そのため、深い部分の分極は進行しにくい、十分な電界、十分な時間、適度な熱を加えて分極を深さ方向まで進めることができる。

【0102】表示装置のアクチュエータ部14として使用する電界の使用範囲(例えば図16Bにおいて+3E

～3Eの範囲)を超えた電界(+5E)を例えば7時間、適度な温度下において印加することによって、加えられた電界と同じ方向に分極処理される。

【0103】その後、図17Bに示すように、一对の電極28a及び28b間への電圧印加を停止して電圧無負荷状態とする。そして、測定開始と共に、アクチュエータ部14に周波数1Hz、ピーク値 $\pm 3E$ のサイン波(図16A参照)を印加し、そのときの各ポイント(点A～点D)での変位量を連続してレーザ変位計で測定する。そのときの測定結果を電界-屈曲変位グラフにプロットしたものが図16Bの特性図である。図16Bの矢印に示されるように、屈曲変位の変位量は、電界の連続的な増減によってある程度のヒステリシスをもって連続的に変化している。

【0104】具体的に、測定を点Aで示す電界+3Eの時点から開始したとすると、まず、点Aにおいては、図18Aに示すように、圧電/電歪層26における分極方向と電界の方向とが一致し、圧電/電歪層26の表面近くでは電界が強くなることから、圧電/電歪層26は水平方向に伸びることとなり、アクチュエータ部14は、一方方向(圧電/電歪層26上に形成された一对の電極28a及び28bが自由空間を臨む方向)に約 $0.8 \Delta y$ ほど屈曲変位する(図16B参照)。なお、 $1 \Delta y \approx 1.6 \mu\text{m}$ である。

【0105】その後、一对の電極28a及び28b間に印加される電圧が変化して、アクチュエータ部14に分極処理時の電界の方向と逆の方向の電界が発生している段階では、以下のような動作を行うことになる。

【0106】まず、電界が弱い例えば点B($-0.6E$)の段階では、図18Bに示すように、圧電/電歪層26の分極の方向と電界の方向が互いに逆になっており、圧電/電歪層26は、水平方向に縮むこととなる。これによって、アクチュエータ部14は、他方向(圧電/電歪層26から振動部22に向かう方向)に約 $-0.3 \Delta y$ ほど屈曲変位する。また、この段階は、圧電/電歪層26の表面部分における分極が反転しはじめる段階であり、従って、この点Bでの電界($-0.6E$)を所定電界と定義することができる。

【0107】その後、負方向の電界が強くなってくると、図19Aに示すように、圧電/電歪層26の表面部分における分極反転が進行し、圧電/電歪層26の表面付近では分極の方向と電界の方向が一致し、圧電/電歪層26の深い部分では分極の方向と電界の方向が逆になるという現象が生じる。即ち、圧電/電歪層26において、2種類の分極が存在することとなり、擬似的なバイモルフ型のアクチュエータ部14として機能することになる。特に、電界が $-3E$ となった段階においては、アクチュエータ部14の変位量は、前記擬似的なバイモルフ的な作用によって非常に大きいものとなり、図16Bの例では、変位 $\approx 2.6 \Delta y$ となっている。

【0108】次に、電界が負方向から正方向に移り、電界が弱い例えば点D (+0.6E) の段階では、図19Bに示すように、圧電/電歪層26の表面付近では分極の方向と電界の方向が逆であり、圧電/電歪層26の深い部分では分極の方向と電界の方向が一致しており、圧電/電歪層26は、その表面付近が水平方向に縮み、深い部分が水平方向に伸びるかたちとなる。これによって、アクチュエータ部14は、他方向(圧電/電歪層26から振動部22に向かう方向)に約 $-1.0\Delta y$ ほど屈曲変位する。また、この段階は、圧電/電歪層26の表面部分における分極が反転しはじめる段階であり、従って、この点Dでの電界(+0.6E)を点Bと同様に所定電界と定義することができる。

【0109】そして、正方向への電界が徐々に強くなるに従って、圧電/電歪層26における表面付近の分極反転が進行し、圧電/電歪層26の分極の方向と電界の方向が一致することとなる。従って、点Dから点Aに向かう段階は、再分極処理段階と呼ぶこともできる。

【0110】以上のように、前記屈曲変位特性が対称性を有するか非対称性を有するかを評価するには、所定電界($\pm 0.6E$)より十分に大きい電界で測定する必要がある。しかし、所定電界より僅かに大きい電界で測定すると、本実施の形態に係る表示装置のアクチュエータ部14の特有の特性である非対称性が判別できない場合が生ずる。

【0111】そこで、屈曲変位特性の非対称性を判別するには、部分的に分極の方向が反転しはじめる電界(ここでは所定電界と定義している)の4倍以上の電界を交番的にかけて屈曲変位特性を評価することが望ましい。つまり、絶対変位量を大きくして測定すれば屈曲変位特性の非対称性を容易に評価することができる。

【0112】例えば、従来例に係る表示装置においては、所定電界が $\pm 0.5E$ であるから、正方向の電界を $+2.0E$ 以上とし、負方向の電界を $-2.0E$ 以下にして測定を行えばよい。また、本実施の形態に係る表示装置においては、前記所定電界が $\pm 0.6E$ であるから、正方向の電界を $+2.4E$ 以上とし、負方向の電界を $-2.4E$ 以下にして測定を行えばよい。

【0113】図16Bでは、所定電界($\pm 0.6E$)よりも十分に大きい電界($\pm 3E$)を交番的にかけて屈曲変位特性を測定しており、この場合、正方向の電界のピーク値(点A)における変位量 y_a が $0.8\Delta y$ 、負方向の電界のピーク値(点C)における変位量 y_c が $2.6\Delta y$ であり、 $y_c = 3.25y_a$ の関係になっている。

【0114】次に、前記屈曲変位特性に非対称性をもたせるための寸法関係について説明する。まず、前記一对の電極28a及び28b間の距離 x と圧電/電歪層26の厚み y をみたとき、図20に示すように、 $1\mu m \leq x \leq 200\mu m$ 、 $1\mu m \leq y \leq 100\mu m$ とし、かつ、 y

$= ax$ の関係を有するようにして、 $1/10 \leq a \leq 10$ の範囲を満たすようにする。特に比例定数 a については、好ましくは $1/5 \leq a \leq 10$ であり、更に好ましくは、 $1/2 \leq a \leq 5$ である。この場合、 $1\mu m \leq x \leq 60\mu m$ 、 $1\mu m \leq y \leq 40\mu m$ を満たせば、分極方向と逆方向の電界印加の際に、圧電/電歪層26が適当な深さまで容易にその分極方向が反転し、変位量を効果的に高められるため、アクチュエータ部14として最適となる。

10 【0115】ここで、一对の電極28a及び28b間の距離 x は、該一对の電極28a及び28bの平面形状が渦巻き状である場合は、図21Aに示すように、例えば一方の電極28aにおける外方側周縁から1本の法線R1を引いたとき、該法線R1の起点Q1と該法線R1と他方の電極28bにおける内方側周縁との交点Q2との間の距離を指す。

【0116】また、一对の電極28a及び28bの平面形状が多枝形状である場合は、図21Bに示すように、例えば一方の電極28aの枝部56における外方側周縁から1本の法線R2を引いたとき、該法線R2の起点Q3と該法線R2と他方の電極28bの枝部58における内方側周縁との交点Q4との間の距離を指す。

【0117】次に、圧電/電歪層26の厚み y と振動部22の厚み z をみた場合は、図22に示すように、 $1\mu m \leq y \leq 100\mu m$ 、 $1\mu m \leq z \leq 50\mu m$ とし、かつ、 $y = bz$ の関係を有するようにして、 $1/5 \leq b \leq 10$ の範囲を満たすようにする。特に比例定数 b については、好ましくは $1/3 \leq b \leq 5$ である。この場合、 $1\mu m \leq y \leq 40\mu m$ 、 $1\mu m \leq z \leq 20\mu m$ を満たせば、分極方向と逆方向の電界印加の際に、圧電/電歪層26が適当な深さまで容易にその分極方向が反転し、変位量を効果的に高められるため、アクチュエータ部14として最適となる。

【0118】更に、本実施の形態に係る表示装置においては、第1の動作例及び第2の動作例に拘わらず、図23及び図24に示すように、前記振動部22の中心を通る最短寸法 m における断面形状が、以下の条件を満たすことが好ましい。なお、図23及び図24においては、図面の複雑化を避けるために一对の電極28a及び28bの記載を省略してある。

【0119】即ち、図23Bに示すように、前記固定部24に近接する一方の最外極小点P1と他方の最外極小点P2とを結ぶことによって構成される基準線 L より、前記圧電/電歪層26の中央部付近における上面の少なくとも一部分が、電圧無負荷状態(電界 $E=0$ の状態)で前記振動部22と反対方向に突出していることである。

【0120】ここで、圧電/電歪層26の中央部付近とは、図23Aに示すように、前記最短寸法 m において、固定部24の上面と振動部22の上面との境界部分をそ

れぞれ一方の境界点K1及び他方の境界点K2と定義し、前記最短寸法を100としたとき、前記一方の境界点K1から最短寸法mの中心に向かって30%の範囲a1と、前記他方の境界点K2から最短寸法mの中心に向かって30%の範囲a2を除く、中央の40%の範囲a3を指す。

【0121】また、図23Bに示すように、前記一方の最外極小点P1とは、前記最短寸法mにおいて、前記圧電/電歪層26の一主面及び振動部22の上面の前記最短寸法面に対する投影線に形成される複数の極小点のうち、前記一方の境界点K1に最も近接する極小点をいい、他方の最外極小点P2とは前記複数の極小点のうち、前記他方の境界点K2に最も近接する極小点をいう。

【0122】この場合、前記最短寸法を100としたとき、前記一方の境界点K1から最短寸法mの中心に向かって40%の範囲（一方の極小点存在領域b1）内に存在するもので、かつ一方の境界点K1に最も近接する極小点が一方向の最外極小点P1として認定され、前記他方の境界点K2から最短寸法mの中心に向かって40%の範囲（他方の極小点存在領域b2）内に存在するもので、かつ他方の境界点K2に最も近接する極小点が他方の最外極小点P2として認定される。

【0123】前記最外極小点P1及びP2は、図23Bに示すように、固定部24の上面よりも下方に存在する場合や、図18Cに示すように、固定部24の上面よりも上方に存在する場合がある。

【0124】なお、図24Aに示すように、例えば他方の極小点存在領域b2内に他方の最外極小点P2が存在しない場合は、前記他方の境界点K2が他方の最外極小点P2として認定される。これは、一方の最外極小点P1でも同じである。また、図23A及び図24Bに示すように、両方の極小点存在領域b1及びb2内にそれぞれ最外極小点P1及びP2が存在しない場合は、一方の境界点K1及び他方の境界点K2がそれぞれ一方の最外極小点P1及び他方の最外極小点P2として認定される。

【0125】そして、前記条件、つまり、「基準線Lより圧電/電歪層26の中央部付近における上面の少なくとも一部分が、電圧無負荷状態で振動部22と反対方向に突出すること。」という条件において、前記最短寸法長をmとしたとき、その突出量tが $m/1000 \leq t \leq m/10$ を満たすことがより好ましい。

【0126】前記条件を満たすことにより、作製されたアクチュエータ部14に対して必ず一方向に大きな変位を行わせることができ、表示装置に使用した場合の歩留まりの向上を達成させることができる。

【0127】次に、アクチュエータ部14での第2の動作例について説明する。まず、図1に示す本実施の形態に係る表示装置について、その駆動とは別に各画素（ア

クチュエータ部14）に対して分極処理（初期分極処理）を行う。この初期分極処理は、アクチュエータとして使用する電界の使用範囲（例えば図16Bにおいて+3E〜-3Eの範囲）を超えた電界（+5E）を例えば7時間、適度な温度下において印加することにより行われる。これによって、各画素における圧電/電歪層26は、加えられた電界と同じ方向に分極処理される。

【0128】全ての画素について、初期分極処理が終了した段階で、一対の電極28a及び28b間への電圧印加を停止して電圧無負荷状態とする。

【0129】そして、表示装置に対する駆動においては、画素に対して基本的に3つの動作（ON選択、OFF選択及び非選択）を行わせることによって画像を表示するようになっている。

【0130】ON選択は、図25Aに示すように、所定の選択期間Tsにおいて、画素の一対の電極28a及び28bに電圧Vaを印加することにより、一対の電極28a及び28b間に負方向の電界Ea（図16B参照）を発生させることにより行われる。OFF選択は、図25Bに示すように、所定の選択期間Tsにおいて、画素の一対の電極28a及び28bに電圧Vdを印加することにより、一対の電極28a及び28b間に負方向又は正方向の電界Ed（図16B参照）を発生させることにより行われる。

【0131】非選択は、図25A又は図25Bに示すように、選択期間Ts以外の期間（非選択期間Ta）において、画素の一対の電極28a及び28bに電圧Vf又はVgを印加することにより、一対の電極28a及び28b間に正方向の電界Ef又はEg（図16B参照）を発生させることにより行われる。この非選択期間Taにおいては、初期分極処理と同様に正方向の電界が発生することから、非選択状態とされた画素の圧電/電歪層26は分極処理に準じた処理（便宜的に再分極処理と記す）が行われる。

【0132】本実施の形態に係る表示装置の駆動動作について具体的に説明すると、表示装置への画像信号の入力に基づいて、例えばシフトレジスタにて構成された垂直シフト回路による垂直選択線40への電位供給に従って、1水平走査期間毎に、例えば1行目、2行目、・・・n行目というように1行ずつ画素群が選択されていくが、選択された行のうち、ON選択すべき画素14に関する信号線42に対して、例えばシフトレジスタにて構成された水平シフト回路から所定の選択期間Tsにわたって電位供給が行われる。その結果、垂直シフト回路と水平シフト回路によってON選択された画素14は、その一方の電極28aに負の所定電位が印加され、他方の電極28bに正の電位が印加されて、一対の電極28a及び28b間の電圧が負方向の所定電圧Va（図25A参照）とされる。このとき、図16B及び図19Aに示すように、例えば一対の電極28a及び28b間には負

方向の電界E a (例えば-3 E: 初期分極処理や非選択時の電界とは逆方向の電界)が発生し、当該画素におけるアクチュエータ部14は、約 $2.6\Delta y$ ほど一方向に変位する。この状態は表示装置でみた場合、ON選択状態を示す。このON選択状態では、アクチュエータ部14の凸状変形によって変位伝達部32が光導波板12側に変位し、該変位伝達部32は光導波板12に接触することとなる。

【0133】一方、垂直シフト回路にて選択された行に関する画素群のうち、ON選択しない画素又はOFF選択した画素14については、所定の選択期間T_sにわたって当該画素14に関する信号線42の電位がON選択時の電位とは異なる電位とされ、当該画素14の一方の電極28aに負の所定電位が印加され、他方の電極28bに負又は正の電位が印加されて、一対の電極28a及び28b間の電圧が負方向又は正方向の所定電圧V_d

(図25B参照)とされる。このとき、図16Bに示すように、例えば一対の電極28a及び28b間には負方向又は正方向の電界E_d(例えば-0.6 E~+0.6 E)が発生し、当該画素におけるアクチュエータ部14は、約 $-1.0\Delta y\sim 0.5\Delta y$ ほど一方向に変位する。この状態は、表示装置でみた場合、OFF選択状態を示す。このOFF選択状態では、アクチュエータ部14の前記変位動作によって変位伝達部32が光導波板12側から離間した状態となる。

【0134】ON選択あるいはOFF選択された画素に関するアクチュエータ部14は、その後の非選択状態において、再分極処理され、一方向(圧電/電歪層26上に形成された一対の電極28a及び28bが自由空間を臨む方向)に約 $1\Delta y$ ほど変位することとなる。この非選択状態では、他の行におけるON選択やOFF選択に基づく電圧変化が重畳してある電圧レベルV_gやV_f

(図25A及び図25B参照)となるが、この重畳成分(クロストーク成分)の存在が非選択状態のアクチュエータ部14に対してある程度の再分極処理を行わせることから、電界の変化に対する変位量の回復や表示装置としての応答性の回復に役立つことになる。つまり、前記クロストーク成分が応答性の回復を兼用することになる。

【0135】なお、ON選択を行うための電圧レベルとしては、電圧レベルV_b(図16Bにおいて電界E_b(例えば-2 E)に相当する電圧レベル)よりも負方向の電圧レベルであればよく、OFF選択を行うための電圧レベルとしては、電圧レベルV_c~V_eの範囲(図16Bにおいて電界E_c(例えば-0.6 E)~E_e(+0.6 E)の範囲に相当する電圧レベル)内のいずれかの電圧レベルであればよい。また、再分極処理を行うための電圧レベルとしては、電圧レベルV_e(図16Bにおいて電界E_e(例えば+0.6 E)に相当する電圧レベル)よりも正方向の電圧レベルであればよい。

【0136】次に、本実施の形態に係る表示装置の動作を図1を参照しながら説明する。まず、光導波板12の例えば端部から光10が導入される。この場合、光導波板12の屈折率の大きさを調節することにより、全ての光10が光導波板12の前面及び背面において透過することなく内部で全反射する。この状態において、あるアクチュエータ部14が電圧印加状態あるいはON選択状態とされて、光導波板12の背面に前記アクチュエータ部14に対応する変位伝達部32が光の波長以下の距離で接触すると、それまで全反射していた光10は、光導波板12の背面に接触している変位伝達部32の表面まで透過する。一旦、変位伝達部32の表面に到達した光10は、変位伝達部32の表面で反射して散乱光70として、一部は再度光導波板12の中で反射するが、散乱光70の大部分は光導波板12で反射されることなく、光導波板12の前面を透過することになる。

【0137】つまり、光導波板12の背面にある変位伝達部32の接触の有無により、光導波板12の前面における光の発光(漏れ光)の有無を制御することができる。特に、本実施の形態に係る表示装置では、光導波板12に対して変位伝達部32を接触・離隔方向に変位動作させる1つの単位を1画素とし、更にこの画素を多数マトリクス状、あるいは各行に関し千鳥状に配列するようにしているため、入力される画像信号の属性に応じて各画素での変位動作を制御することにより、陰極線管や液晶表示装置と同様に、光導波板12の前面に画像信号に応じた映像(文字や図形等)を表示させることができる。

【0138】次に、本実施の形態に係る表示装置をカラー表示方式に適用する場合について説明する。まず、本実施の形態に係る表示装置の発色の原理は、現行のカラー表示方式と同様に、色の三原色であるR(赤), G(緑), B(青)の混合方式で規定される。ここで、発色させる周期をTとして、RGBの最大発光時間を3分割することを考えた場合、図26Aに示すように、RGBの発光時間の比率が1:1:1であれば、白色光となり、図26Bに示すように、RGBの発光時間の比率が4:1:5であれば、その比率に応じた中間色になる。従って、発色させる時間の制御は、光導波板12と変位伝達部32との接触時間を発色させる周期Tに同期させて、三原色の発光時間を制御してもよいし、三原色の発光時間を発色させる周期Tに同期させて、光導波板12と変位伝達部32との接触時間を制御することもできる。

【0139】このようなことから、本実施の形態に係る表示装置においては、カラー表示方式に適用させる場合であっても、画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点がある。

【0140】なお、前記本実施の形態では、各画素に対しての再分極処理を非選択期間に行うようにしている

が、その他、Rの発光終了時点から次のGの発光開始時点までの期間、Gの発光終了時点から次のBの発光開始時点までの期間、Bの発光終了時点から次のRの発光開始時点までの期間の3つの期間において、例えば初期分極処理と同じ電界を印加して再分極処理するようにしてもよい。この場合、前記非選択期間における再分極処理と組み合わせるようにしてもよい。

【0141】光導波板12に入射させる照明光の光源としては、例えば、蛍光管、発光ダイオード、レーザ光等が好ましく使われる。また、ハロゲンランプやキセノンランプとカラーフィルタを組み合わせ使用してもよい。RGBの切り換えは、機械的シャッタやスイッチのON/OFFを利用することにより実現できる。

【0142】本実施の形態に係る表示装置は、単一で利用できるほか、図27に示すように、本実施の形態に係る表示装置を大画面表示装置72の1つの表示素子74とすることも可能である。この図27の例では、大画面の表示面積を有する導光板76の背面に、表示素子74を縦方向に7個、横方向に18個配列させた例を示す。この場合、導光板76は、ガラス板やアクリル板等の可視光領域での光透過率が大であって均一なものが使用され、各表示素子74間は、ワイヤボンディングや半田付け、端面コネクタ、裏面コネクタ等で接続することにより相互間の信号供給が行えるようになっている。

【0143】また、図27に示す大画面表示装置72においては、各表示素子74に適用される表示装置として例えば図7に示す表示装置を使用し、その画素の並びを水平方向に32個、垂直方向に32個としたものを用いている。図7に示す表示装置は、各行に関する画素の並びを千鳥状としているため、画素の水平方向の配列ピッチを非常に小さくすることができ、水平方向及び垂直方向の画素の配列数を同一にした場合、全体的な平面形状は、縦長形状となる。

【0144】図27に示す大画面表示装置72においては、大型の導光板76の板面に、光導波板12を含む表示素子74をマトリクス状に配置した例を示したが、その他、大型の導光板76を省略して、光導波板12を含む表示素子74をマトリクス状に配置したもので大画面表示装置72を構成するようにしてもよい。この場合、マトリクス状に配された多数の光導波板12が前記大型の導光板76を兼用することになる。前記構成のほか、大型の導光板76の板面に、光導波板12を含まない表示素子74をマトリクス状に配置して前記大画面表示装置72を構成するようにしてもよい。

【0145】前記導光板76と光導波板12は屈折率が類似したものが好ましく、導光板76と光導波板12とを貼り合わせる場合には、透明な接着剤を用いてもよい。この接着剤は、光導波板12や導光板76と同様に、可視光領域で均一で、高い透過率を有することが好ましく、また、屈折率も導光板76や光導波板12と近

いものに設定することが画面の明るさを確保する上で望ましい。

【0146】次に、上記アクチュエータ部14の各構成部材、特に各構成部材の材料等の選定について説明する。

【0147】まず、振動部22は、高耐熱性材料であることが好ましい。その理由は、アクチュエータ部14を有機接着剤等の耐熱性に劣る材料を用いずに、固定部24によって直接振動部22を支持させる構造とする場合、少なくとも圧電/電歪層26の形成時に、振動部22が変質しないようにするため、振動部22は、高耐熱性材料であることが好ましい。

【0148】また、振動部22は、基体18上に形成される一対の電極28における一方の電極28aに通じる垂直選択線40と他方の電極28bに通じる信号線42との電気的な分離を行うために、電気絶縁材料であることが好ましい。

【0149】従って、振動部22は、高耐熱性の金属あるいはその金属表面をガラス等のセラミックス材料で被覆したホーロー等の材料であってもよいが、セラミックスが最適である。

【0150】振動部22を構成するセラミックスとしては、例えば安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、スピネル、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス、これらの混合物等を用いることができる。安定化された酸化ジルコニウムは、振動部22の厚みが薄くても機械的強度が高いこと、靱性が高いこと、圧電/電歪層26及び一対の電極28との化学反応性が小さいこと等のため、特に好ましい。安定化された酸化ジルコニウムとは、安定化酸化ジルコニウム及び部分安定化酸化ジルコニウムを包含する。安定化された酸化ジルコニウムでは、立方晶等の結晶構造をとるため、相転移を起こさない。

【0151】一方、酸化ジルコニウムは、1000℃前後で、単斜晶と正方晶とで相転移し、この相転移のときにクラックが発生する場合がある。安定化された酸化ジルコニウムは、酸化カルシウム、酸化マグネシウム、酸化イットリウム、酸化スカンジウム、酸化イッテルビウム、酸化セリウム又は希土類金属の酸化物等の安定化剤を、1～30モル%含有する。振動部22の機械的強度を高めるために、安定化剤が酸化イットリウムを含有することが好ましい。このとき、酸化イットリウムは、好ましくは1.5～6モル%含有し、更に好ましくは2～4モル%含有することであり、更に0.1～5モル%の酸化アルミニウムが含有されていることが好ましい。

【0152】また、結晶相は、立方晶+単斜晶の混合相、正方晶+単斜晶の混合相、立方晶+正方晶+単斜晶の混合相などであってもよいが、中でも主たる結晶相が、正方晶、又は正方晶+立方晶の混合相としたものが、強度、靱性、耐久性の観点から最も好ましい。

【0153】振動部22がセラミックスからなるとき、多数の結晶粒が振動部22を構成するが、振動部22の機械的強度を高めるため、結晶粒の平均粒径は、0.05~2 μ mであることが好ましく、0.1~1 μ mであることが更に好ましい。

【0154】固定部24は、セラミックスからなることが好ましいが、振動部22の材料と同一のセラミックスでもよいし、異なってもよい。固定部24を構成するセラミックスとしては、振動部22の材料と同様に、例えば、安定化された酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化チタン、スピネル、ムライト、窒化アルミニウム、窒化珪素、ガラス、これらの混合物等を用いることができる。

【0155】特に、本実施の形態に係る表示装置で用いられる基体18は、酸化ジルコニウムを主成分とする材料、酸化アルミニウムを主成分とする材料、又はこれらの混合物を主成分とする材料等が好適に採用される。その中でも、酸化ジルコニウムを主成分としたものが更に好ましい。なお、焼結助剤として粘土等を加えることもあるが、酸化珪素、酸化ホウ素等のガラス化しやすいものが過剰に含まれないように、助剤成分を調節する必要がある。なぜなら、これらガラス化しやすい材料は、基体18と圧電/電歪層26とを接合させる上では有利ではあるものの、基体18と圧電/電歪層26との反応を促進し、所定の圧電/電歪層26の組成を維持することが困難となり、その結果、素子特性を低下させる原因となるからである。

【0156】即ち、基体18中の酸化珪素等は重量比で3%以下、更に好ましくは1%以下となるように制限することが好ましい。ここで、主成分とは、重量比で50%以上の割合で存在する成分をいう。

【0157】圧電/電歪層26の構成材料として、好適には圧電性セラミックスを用いることができるが、電歪セラミックス又は強誘電体セラミックスであってもよく、更には、分極処理が必要な材料であっても、必要がない材料であってもよい。更にまた、セラミックスに限定されず、PVPDF（ポリフッ化ビニリデン）に代表される高分子からなる圧電体ないしはこれら高分子とセラミックスの複合体であってもよい。

【0158】圧電/電歪層26に用いるセラミックスとしては、例えば、ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マンガンニオブ酸鉛、マグネシウムタンタル酸鉛、ニッケルタンタル酸鉛、アンチモンズ酸鉛、チタン酸鉛、チタン酸バリウム、マグネシウムタングステン酸鉛、コバルトニオブ酸鉛等、又はこれらの何れかの組合せを含有するセラミックスが挙げられる。これらの化合物が50重量%以上を占める主成分であってもよいことはいうまでもない。また、上記セラミックスのうち、ジルコン酸鉛を含有するセラミックスは、本実施の形態の圧電/電歪層2

6の構成材料として最も使用頻度が高い。

【0159】また、圧電/電歪層26をセラミックスにて構成する場合、上記セラミックスに、更に、ランタン、カルシウム、ストロンチウム、モリブデン、タングステン、バリウム、ニオブ、亜鉛、ニッケル、マンガン等の酸化物、若しくはこれらの何れかの組合せ、又は他の化合物を、適宜、添加したセラミックスを用いてもよい。

【0160】例えば、マグネシウムニオブ酸鉛とジルコン酸鉛及びチタン酸鉛とからなる成分を主成分とし、更にランタンやストロンチウムを含有するセラミックスを用いることが好ましい。

【0161】圧電/電歪層26は、緻密であっても、多孔質であってもよく、多孔質の場合、その気孔率は40%以下であることが好ましい。

【0162】そして、上記基体18における振動部22の厚みと該振動部22上に形成される圧電/電歪層26の厚みは、同次元の厚みであることが好ましい。なぜなら、振動部22の厚みが極端に（1桁以上異なる場合）、圧電/電歪層26の厚みより厚くなると、圧電/電歪層26の焼成収縮に対して、振動部22がその収縮を妨げるように働くため、圧電/電歪層26と基体18界面での応力が大きくなり、はがれ易くなる。反対に、厚みの次元が同程度であれば、圧電/電歪層26の焼成収縮に基体18（振動部22）が追従し易くなるため、一体化には好適である。具体的には、振動部22の厚みは、1~100 μ mであることが好ましく、3~50 μ mが更に好ましく、5~20 μ mが更に好ましい。一方、圧電/電歪層26は、その厚みとして5~100 μ mが好ましく、5~50 μ mが更に好ましく、5~30 μ mが更に好ましい。

【0163】上記圧電/電歪層26上に形成される一对の電極28は、用途に応じて適宜な厚さとするが、0.01~50 μ mの厚さであることが好ましく、0.1~5 μ mが更に好ましい。また、上記一对の電極28は、室温で固体であって、導電性の金属で構成されていることが好ましい。例えば、アルミニウム、チタン、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、ニオブ、モリブデン、ルテニウム、ロジウム、銀、スズ、タンタル、タングステン、イリジウム、白金、金、鉛等を含有する金属単体又は合金が挙げられる。これらの元素を任意の組合せで含有していてもよいことはいうまでもない。

【0164】変位伝達部32の変位伝達部材32bは、アクチュエータ部14の変位を直接光導波板12に伝達できる程度の硬度を有するものが好ましい。従って、上記変位伝達部材32bの材質としては、ゴム、有機樹脂、有機接着フィルム、ガラス等が好ましいものとして挙げられるが、電極層そのものあるいは圧電体ないしは上述したセラミックス等の材質であってもかまわない。最も好ましくは、エポキシ系、アクリル系、シリコーン

系、ポリオレフィル系等の有機樹脂又は有機接着フィルムがよい。更に、これらにフィラーを混ぜて硬化収縮を抑制することも有効である。

【0165】板部材32aの材質としては、前記変位伝達部材32bの材料のほか、エポキシ系、アクリル系、シリコン系等の有機樹脂に高屈折率を有するセラミック粉末、例えばジルコニア粉末、チタニア粉末、酸化鉛粉末、それらの混合粉末等を高分散させた材料が、発光効率、平坦性維持の点で望ましい。この場合、樹脂重量：セラミック粉末重量＝1：（0.1～10）がよい。更に、前記組成に平均粒径0.5～10μmのガラス粉末をセラミック粉末に対して1：（0.1～1.0）の割合で添加すると、光導波板12の面との接触性、離型性が改良されるため好ましい。

【0166】なお、前記板部材32aは、光導波板12と接触する部分（面）の平坦度、平滑度が、アクチュエータ部14の変位量に比較して十分小さくすることが好ましく、具体的には、1μm以下、更に好ましくは0.5μm以下、特に好ましくは0.1μm以下である。但し、変位伝達部32の光導波板12と接触する部分（面）の平坦度は、変位伝達部32が光導波板12に接触した状態での隙間を減ずるために重要であって、接触した状態で当該接触部分が変形するものであれば上記平坦度に必ずしも限定されるものではない。

【0167】前記変位伝達部32のアクチュエータ部本体30への接続は、変位伝達部32として上述した材料を使用する場合には、接着剤を使って上述した材料の変位伝達部32を積層するか、上述した材料の溶液、ペーストないしスラリーをコーティングする等の方法によりアクチュエータ部本体30の上部、あるいは光導波板12上、又は導光板76（図27参照）上に形成することにより行えばよい。

【0168】前記変位伝達部32をアクチュエータ部本体30に接続する場合は、好ましくは、変位伝達部材32bの材料を接着剤として兼ねる材料とすればよい。特に、有機接着フィルムを用いれば、熱をかけることで接着剤として使えるため、好ましい。

【0169】光導波板12は、その内部に導入された光10が前面及び背面において光導波板12の外部に透過せず全反射するような光屈折率を有するものであり、可視光波長領域での透過率が均一で、かつ高いものであることが必要である。このような特性を具備するものであれば、特にその材質は制限されないが、具体的には、例えばガラス、石英、アクリル等の透光性プラスチック、透光性セラミックスなど、あるいは異なる屈折率を有する材料の複数層構造体、又は表面にコーティング層を設けたものなどが一般的なものとして挙げられる。

【0170】次に、本実施の形態に係る表示装置の製造方法を説明する。振動部22及び固定部24を含む基体18は、グリーンシート又はグリーンテープである成形

層を熱圧着等で積層し、次いで焼成することで一体化できる。例えば、図1の基体18では、2層のグリーンシート又はグリーンテープを積層するが、その第2層に空所20となる所定形状の窓部を積層前に予め設けておけばよい。また、成型型を用いる加圧成形、鋳込み成形、射出成形等によって、成形層を作製し、切削、研削加工、レーザ加工、プレス加工による打ち抜き等の機械加工により、空所20となる窓部等を設けてもよい。図1では、2層構造となっているが、3層構造、4層構造として基体18の剛性を向上させたり、裏面配線板として使用する層を同時に積層して形成してもよい。

【0171】次に、上記基体18の振動部22上にアクチュエータ部本体30を形成する。この場合、金型を用いたプレス成形法又はスラリー原料を用いたテープ成形法等によって圧電／電歪層26を成形し、この焼成前の圧電／電歪層26を焼成前の基体18における振動部22上に熱圧着で積層し、同時に焼成して、基体18の振動部22上に圧電／電歪層26を形成する方法と、以下に示す膜形成法とがある。

20 【0172】膜形成法は、振動部22上に圧電／電歪層26及び一対の電極28をこの順序で積層する方法であるが、例えば、スクリーン印刷のような厚膜法、ディッピング等の塗布法、イオンビーム、スパッタリング、真空蒸着、イオンプレーティング、化学蒸着法（CVD）、メッキ等の薄膜法等が適宜用いられる。一対の電極28につながる配線40及び42や端子パッドの形成も上記厚膜法や薄膜法が用いられる。

30 【0173】本実施の形態に係る表示装置は、その一例として、例えば以下のような製法が採用される。まず、基体18の振動部22上にスクリーン印刷法によって圧電／電歪層26を形成する。その後、焼成を行って、基体18の振動部22上に圧電／電歪層26を接合する。この場合、基体18と圧電／電歪層26との接合性を向上させて、これら基体18と圧電／電歪層26との一体化を有利にするには、圧電／電歪層26に対する焼成を圧電／電歪層材料の雰囲気下で密閉容器内で実施することが好ましい。更に好ましくは、雰囲気濃度は高くすることが望ましい。

【0174】雰囲気焼成は次の方法等により行われる。

40 【0175】(1) 圧電／電歪層材料と同成分系の粉末を蒸発源として一緒に密閉容器内に置く。

【0176】(2) 圧電／電歪層材料の組成として、鉛成分を予め過剰とする。

【0177】(3) 圧電／電歪層材料の板をセッターとして使用する。

【0178】また、焼成温度は、900～1400℃が好ましく、更に好ましくは1100～1400℃が望ましい。

50 【0179】上記基体18と圧電／電歪層26との接合が終了した後、一対の電極28を含む配線層パターンを

形成する。この形成は、例えば導体粉末や有機金属、又はレジネート等の導体ペーストをスクリーン印刷にて積層することにより行われる。この配線層のパターンは、例えば図2に示すように、垂直選択線40のパターン、信号線42のパターン及び電極パターンであって、電極パターンは、この段階（スクリーン印刷段階）では図3に示すような渦巻き形状や図4に示すような多枝形状ではなく、単に円形状とされた状態である。

【0180】その後、例えばエキシマレーザによって円形状の電極パターンの所要箇所を蒸発させることにより、図3に示すような渦巻き形状や図4に示すような多枝形状にパターンニングして一对の電極28a及び28bとする。

【0181】上記エキシマレーザによるパターンニングが終了した後、熱処理することにより、基体18上へのアクチュエータ部本体30の形成が終了する。なお、薄膜法により、一对の電極28a及び28bを形成する場合においては、必ずしも上記熱処理は必要としない。

【0182】上記基体18上へのアクチュエータ部本体30の形成が終了した後に、変位伝達部32の接続が行われるが、変位伝達部32として上述した材料を使用する場合には、アクチュエータ部本体30と変位伝達部32との接続は、接着剤を使って上述した材料の変位伝達部32を積層するか、上述した材料の溶液ないしスラリーをコーティングする等の方法によりアクチュエータ部本体30の上部に形成することにより行えばよい。

【0183】その後、変位伝達部32を概ねアクチュエータ部本体30の平面形状と同一となるように切断することは必ずしも必要ではない。但し、変位伝達部32における板部材32a又は変位伝達部材32bの材質によっては、アクチュエータ部本体30の変位を効率よくするために、変位伝達部32の層を切断するか、あるいは切欠きを設けることが好ましい。

【0184】組立後における変位伝達部32と光導波板12との所定距離は、アクチュエータ部本体30の変位量に比較して小さくする必要があるのはいうまでもないが、アクチュエータ部本体30の存在しない部分に所定の大きさの隙間形成部材を設けて、固定部24と光導波板12とを緊密に固定することが好ましい。

【0185】このように、本実施の形態に係る表示装置においては、上述したように、カラー表示方式に適用させる場合であっても、画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点がある。

【0186】また、本実施の形態に係る表示装置は、変位伝達部32を選択的に変位させるアクチュエータ部本体30の構成として、振動部22上に形成された圧電／電歪層26の一主面に一对の電極28を形成するようにし、更に、圧電／電歪層26の一主面側に一对の電極28を形成するようにしているため、一对の電極28a及び28b間に空気又は変位伝達部32の構成材料（圧電

／電歪層26と比して誘電率が非常に小さい）が介在することとなる。そのため、アクチュエータ部本体30の静電容量は圧電／電歪層26の上下に電極を形成したものと比して小さくなり、それに伴い、信号伝達上のCR時定数も小さくなる。即ち、画像信号の属性に応じた電圧信号の信号波形になまりは生じにくくなる。

【0187】これにより、各画素における一对の電極28に選択的に規定電圧を印加することが可能となつて、各圧電／電歪層26に必要な伸びを与えることができ、特に、電圧信号が供給される部分から遠い位置に配されたアクチュエータ部14に対応する部位（例えば画面周辺部や中央部等）において、表示輝度が弱くなるということも抑制される。

【0188】即ち、本実施の形態に係る表示装置においては、カラー表示方式に適用させた場合であっても画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点に加えて、アクチュエータ部14での静電容量を低減することができるという利点を有し、表示画面全面に白色を表示させた場合に、むらのない表示輝度を得ることができ、画質の向上を図ることができる。

【0189】特に、本実施の形態に係る表示装置においては、図3及び図4に示すように、一对の電極28a及び28bのうち、垂直選択線40につながる一方の電極28aを1つの行に関してシリーズに接続したパターンとしているため、該一方の電極28aにおける外周部分の幅を広くとることが容易になり（破線で示す）、この場合、垂直選択線40の配線抵抗を小さくすることができ、信号伝達上のCR時定数を更に小さくすることができる。

【0190】そして、本実施の形態に係る表示装置においては、アクチュエータ部本体30の変位方向が図1上、上向き（光導波板12側の方向）であるため、アクチュエータ部本体30の変位の力をもって変位伝達部32を光導波板12に押し付けることができ、しかも、光導波板12とアクチュエータ部14との隙間（ギャップ）が調整しやすいことから、変位伝達部32と光導波板12との接触を確実にすることに対して有利となる。

【0191】また、例えば製造過程において、圧電／電歪層26の一部が絶縁破壊等によってその上の電極28の一部と共に消失した場合、圧電／電歪層26の補修を行わなくとも消失した電極28を補修するだけで十分にアクチュエータ部14として機能するため、製造工程の途中において全面作り直し等の無駄をなくすることができると共に、表示装置の歩留まりの向上を達成させることができる。

【0192】また、本実施の形態に係る表示装置においては、振動部22及び固定部24を基体18（セラミックス）にて一体に形成し、振動部22に対応する箇所中空所20を形成して、振動部22が薄肉となるようにしているため、基体18に固定部24と振動部22を容易

に作製することが可能となり、表示装置の製造コストの低廉化を図る上で有利となる。

【0193】また、セラミックスにて構成される基体18に空所20を設けることによって厚肉の固定部24と薄肉の振動部22が形成されるかたちとなるため、振動部22は圧電/電歪層26の伸びに敏感に反応し、電圧信号の変化に対して追従性の高い振動部22とすることができる。また、両持ち構造や片持ち構造のアクチュエータ部と比較して、振動部22と固定部24との境部分の剛性が十分に確保されるため、振動部22の振動に伴う上記境部分の疲れによる破壊は発生しにくくなる。更に、基体18の剛性が高いため、光導波板12と駆動部16との貼り合わせも容易になる。

【0194】また、本実施の形態に係る表示装置においては、空所20及び圧電/電歪層26の各平面形状を共に角のとれた形状（本実施の形態に係る表示装置及び第1の変形例に係る表示装置では円形状、第2及び第3の変形例に係る表示装置では長円形状、第4の変形例に係る表示装置では楕円形状）とし、更に、空所20の平面形状の大きさを圧電/電歪層26のそれよりも大にしたので、振動部22と固定部24との境部分が空所20の平面形状と同様に角のとれた形状となり、振動部22の振動によって発生する応力が局部的に集中するということなくなる。しかも、振動部22の周縁すべてが固定部24に支持され、振動部22の周縁部分での剛性を高くすることができる。その結果、上記境部分での疲れ限度を大幅に向上させることができ、アクチュエータ部14の長寿命化、ひいては表示装置の長寿命化を実現させることができる。

【0195】また、上記本実施の形態に係る表示装置においては、一對の電極28a及び28bにおける圧電/電歪層26上での平面形状を、一對の電極28a及び28bが互いに並行に、かつ相互に離間された渦巻き状に配線された形状としているため、一對の電極28a及び28bに所定の電圧が印加されると、圧電/電歪層26の一主面には放射状（等方的）に電界が生じ、そのため、圧電/電歪層26は、一主面では放射状（等方的）に伸びが生じる。このとき、圧電/電歪層26の深い部分では、表面部分の伸びよりも小さい伸びが放射状（等方的）に生じるか、あるいは縮みが放射状（等方的）に生じ、これにより、圧電/電歪層26は効率よくその中心部が凸となるように変位することになり、しかも、各画素間での変位上でのばらつきも少なくなる。

【0196】また、一對の電極28a及び28bにおける圧電/電歪層26上での平面形状を多枝形状とした場合においては、上記実施の形態に係る表示装置と同様に、一對の電極28a及び28bに所定の電圧が印加された場合、圧電/電歪層26は、一主面では放射状（等方的）に伸びが生じる。このとき、圧電/電歪層26の深い部分では、表面部分の伸びよりも小さい伸びが放射

状（等方的）に生じるか、あるいは縮みが放射状（等方的）に生じることから、効率よくその中心部が凸となるように変位し、各画素間での変位上でのばらつきも少なくなる。特に、前記多枝形状を採用した場合においては、幹部52及び54と枝部56及び58とに分かれることになるため、圧電/電歪層26の一部、例えば枝部56又は58に対応する部分が絶縁破壊等によって該枝部56又は58と共に消失したとしても、他に与える影響は非常に小さく、幹部52及び54が残存している限り、アクチュエータ部14として十分に機能することとなる。もちろん、前記消失した電極の枝部56又は58を補修するだけで、消失前の機能に戻すことができ、表示装置に対する保守の簡易化を実現できる。

【0197】また、本実施の形態に係る表示装置における第1の動作例においては、各アクチュエータ部14は、一對の電極28a及び28bに対して交番的に電圧を印加する状態（交番電圧印加状態）と電圧無負荷状態とを選択的に切り換えることにより、光導波板12の所定部位を発光させることができるため（即ち、交番電圧印加状態でON選択、電圧無負荷状態でOFF選択）、画像情報をアクチュエータ部への駆動信号（電圧信号）に変換する際の制御性が高くなり、表示駆動動作を最適化し易い。その結果、低消費電力化や、表示輝度の向上及びちらつき等の抑制など、画質を向上させる上でも有利となる。

【0198】本実施の形態に係る表示装置における第2の動作例においては、アクチュエータ部本体30を圧電/電歪層26と該圧電/電歪層26の一主面に形成された一對の電極28a及び28bとで構成し、更に、図16Bに示すように、前記一對の電極28a及び28b間の所定電界の4倍以上の印加電界によるアクチュエータ部14の変位特性を基準電界点を中心に非対称となるようにしたので、圧電/電歪層26に対して分極処理した後逆方向に電界をかけた場合、圧電/電歪層26の表面付近においては、その電界強度が大きいことから、その分極方向が反転して前記電界の方向と同じになるが、圧電/電歪層26の深い部分はその電界強度が小さいことから、その分極方向は反転しないこととなる。即ち、前記圧電/電歪層26において、2種類の分極が存在することになり、擬似的なバイモルフ型のアクチュエータ部14として機能することになる。

【0199】その結果、圧電/電歪層26の表面付近と、深い部分での歪み方向が互いに逆になり、全体として一方向に凸状変位し、その変位量は、前記擬似的なバイモルフ的な作用によって非常に大きいものとなる。

【0200】特に、本実施の形態に係る表示装置では、その屈曲変位特性が基準電界点（電界E=0の点）を中心に電界の正方向と負方向とで非対称形となっていることから、例えば周期的に変化する電界の2つのピーク値におけるそれぞれの屈曲変位量において差が生じる。こ

れにより、電圧無負荷状態と電圧印加状態での相対変位量や、互いに逆方向の電界をかけた状態での相対変位量が大きくなる。従って、表示装置の画素単位に配列されるアクチュエータ部14とした場合に、これらアクチュエータ部14に対する制御が容易になり、表示装置における画質の向上を図る上で非常に有利になる。

【0201】また、本実施の形態に係る表示装置においては、一对の電極28a及び28b間の距離を x ($1\mu\text{m} \leq x \leq 200\mu\text{m}$)、前記圧電/電歪層26の厚みを y ($1\mu\text{m} \leq y \leq 100\mu\text{m}$)としたとき、 $y = ax$ の関係有し、かつ、 $1/10 \leq a \leq 100$ として構成するようにしている。

【0202】この場合、前記一对の電極28a及び28b間の印加電界によるアクチュエータ部14の変位特性として、図16Bに示すように、基準電界点(電界 $E=0$ の点)を中心に非対称となる特性を得ることができる。

【0203】また、本実施の形態に係る表示装置においては、前記振動部22及び固定部24をセラミックスにて一体に形成し、振動部22に対応する箇所に空所20を形成して、該振動部22が薄肉となるようにしたので、固定部24と振動部22を容易に作製することが可能となり、表示装置の製造コストの低廉化を図る上で有利となる。

【0204】また、本実施の形態に係る表示装置においては、圧電/電歪層26の厚みを y ($1\mu\text{m} \leq y \leq 100\mu\text{m}$)、振動部22の厚みを z ($1\mu\text{m} \leq z \leq 50\mu\text{m}$)としたとき、 $y = bz$ の関係有し、かつ、 $1/5 \leq b \leq 10$ としたので、一对の電極28a及び28b間の印加電界によるアクチュエータ部14の屈曲変位特性を図12Bに示すように、基準電界点を中心に非対称とすることができる。

【0205】本実施の形態に係る表示装置においては、特に一对の電極28a及び28bの平面形状を渦巻き形状や多枝形状としたが、図28に示すように、くし型形状であってもかまわない。この場合、振動部22の形状を縦横比(アスペクト比)で0.25以下又は4.0以上とし、多数のくし歯部分の配列方向が振動部22の長手方向に沿うように一对のくし型電極を形成することが好ましい。この条件を満足すれば、一对の電極28a及び28bがくし型形状であっても、前記渦巻き形状や多枝形状と同様の効果を得ることができる。

【0206】ただし、振動部22の形状がアスペクト比で0.25~4.0、好ましくは0.5~2.0であって、一对の電極28a及び28bの平面形状が渦巻き形状又は多枝形状とするのが、相対変位量を大きくする上で最も好ましい。

【0207】また、前記実施の形態に係る表示装置においては、図1に示すように、基体18を基板層18Aとスペーサ層18Bと薄板層18Cの積層体で構成するよ

うにしたが、その他、図29に示すように、最下層の基板層18Aを省略するようにしてもよい。

【0208】上記本実施の形態に係る表示装置及びその変形例に係る表示装置においては、その光導波板12として両面が高い平坦度、平滑度を持ったものを使用した。その他、背面側が粗面処理されたいわゆるスリガラスを用いることも可能である。この場合、変位伝達部32の一主面(スリガラスの背面に対向する面)をスリガラスの背面における粗面形状に沿った粗面処理を施すか、あるいは変位伝達部32の上記一主面部分を粘性が比較的低いエラストマにて構成する。

【0209】これにより、まず、正面からの入射した光がスリガラスの粗面によって反射されて散乱光としてスリガラスの前面方向に透過する。この状態において、あるアクチュエータ部14が電圧印加状態あるいはON選択状態とされて、スリガラスの背面に上記アクチュエータ部14に対応する変位伝達部32が接触すると、当該接触部分の粗面が変位伝達部32の粗面あるいは弾性変形によって打ち消された形となるため、それまでスリガラスの上記粗面部分にて反射していた光は、スリガラスの背面に接触している変位伝達部32を透過することとなる。

【0210】つまり、光導波板12としてスリガラスを用いた場合も、スリガラスの背面にある変位伝達部32の接触の有無により、スリガラスの前面における光の発光の有無を制御することができ、上述した本実施の形態に係る表示装置やその変形例に係る表示装置と同じ効果を得ることができる。特に、上記スリガラスを用いた場合は、スリガラスに対して光を積極的に導入させる照明手段が不要となるため、構成がより簡略化される。

【0211】なお、本発明に係る表示装置を、本実施の形態に係る表示装置並びに第1~第4の変形例に係る表示装置に基づいて具体的に説明してきたが、本発明は、上記実施の形態並びに変形例に限定されて解釈されるものではなく、本発明の範囲を逸脱しない限りにおいて、種々なる変更、修正、改良等を加えうるものである。

【0212】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る表示装置によれば、光が導入される光導波板と、該光導波板の一方の板面に対向して設けられ、かつ多数の画素に対応した数のアクチュエータ部が配列された駆動部とを具備し、入力される画像信号の属性に応じて前記光導波板に対する前記アクチュエータ部の接触・離隔方向の変位動作を制御して、前記光導波板の所定部位の漏れ光を制御することにより、前記光導波板に前記画像信号に応じた映像を表示させる表示装置において、前記アクチュエータ部を、圧電/電歪層と、該圧電/電歪層の一主面に形成された一对の電極とを有するアクチュエータ部本体と、前記圧電/電歪層の他主面に接して前記アクチュエータ部本体を支持する振動部と、前記振動部を振動可能

に支持する固定部と、前記一対の電極への電圧印加によって生じるアクチュエータ部本体の変位動作を光導波板に伝達する変位伝達部とで設けるようにしている。

【0213】このため、カラー表示方式に適用させた場合であっても画素数を白黒画面の場合に比して増加させる必要がないという利点に加えて、アクチュエータ部での静電容量を低減することができるという利点を有し、表示画面全面に白色を表示させた場合に、むらのない表示輝度を得ることができ、画質の向上を図ることができるという効果が達成される。

【0214】特に、前記一対の電極間の所定電界の4倍以上の印加電界による前記アクチュエータ部の屈曲変位特性を、基準電界点を中心に非対称にすることにより、電圧無負荷状態と電圧印加状態での相対変位量や、互いに逆方向の電界をかけた状態での相対変位量が大きくなる。

【0215】このことから、表示装置の画素単位に配列されるアクチュエータ部に対する制御が容易になり、表示装置における画質の向上を図る上で非常に有利になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態に係る表示装置を示す構成図である。

【図2】本実施の形態に係る表示装置におけるアクチュエータ部（画素）の配置を拡大して示す平面図である。

【図3】本実施の形態に係る表示装置、特に一対の電極の平面形状（渦巻き状）を示す平面図である。

【図4】本実施の形態に係る表示装置の第1の変形例、特に一対の電極の平面形状（多枝形状）を示す平面図である。

【図5】本実施の形態に係る表示装置の第2の変形例、特に振動部、圧電／電歪層及び一対の電極の平面形状（長円形状、渦巻き状）を示す平面図である。

【図6】本実施の形態に係る表示装置の第3の変形例、特に振動部、圧電／電歪層及び一対の電極の平面形状（長円形状、多枝形状）を示す平面図である。

【図7】本実施の形態に係る表示装置の第4の変形例におけるアクチュエータ部（画素）の配置を拡大して示す平面図である。

【図8】本実施の形態に係る表示装置の第5の変形例におけるアクチュエータ部（画素）の配置を拡大して示す平面図である。

【図9】本実施の形態に係る表示装置の第6の変形例におけるアクチュエータ部（画素）の配置を拡大して示す平面図である。

【図10】本実施の形態に係る表示装置におけるアクチュエータ部の圧電／電歪層をリング状とした場合を概略的に示す平面図である。

【図11】図10におけるA-A線上の断面図である。

【図12】本実施の形態に係る表示装置におけるアクチ

ュエータ部において、圧電／電歪層の平面形状を円環状とし、一対の電極を多枝形状とした例を示す平面図である。

【図13】図13Aはリング状の圧電／電歪層の外周形状を円形とした場合を示す平面図であり、図13Bはリング状の圧電／電歪層の外周形状を楕円形とした場合を示す平面図であり、図13Cはリング状の圧電／電歪層の外周形状を矩形とした場合を示す平面図である。

【図14】本実施の形態に係る表示装置における第1の動作例でのアクチュエータ部の変位原理を示す作用図である。

【図15】本実施の形態に係る表示装置のアクチュエータ部をON選択状態としたときに、一対の電極間に印加される交番信号の一例を示す信号波形図である。

【図16】図16Aは本実施の形態に係る表示装置におけるアクチュエータ部の屈曲変位特性を測定するために、一対の電極に印加すべき電位波形を示すタイミングチャートであり、図16Bはアクチュエータ部の屈曲変位特性を示す特性図である。

【図17】図17Aは圧電／電歪層に対して初期分極処理を行った場合の分極方向と電界方向を示す説明図であり、図17Bは一対の電極に対する電圧印加を停止した状態（電圧無負荷状態）での分極方向を示す説明図である。

【図18】図18Aは本実施の形態に係る表示装置のアクチュエータ部に対して正方向に電界（+3E）をかけた状態の分極方向と電界方向を示す説明図であり、図18Bはアクチュエータ部に対して負方向の所定電界（-0.6E）をかけた状態の分極方向と電界方向を示す説明図である。

【図19】図19Aは本実施の形態に係る表示装置のアクチュエータ部に対して負方向に電界（-3E）をかけた状態の分極方向と電界方向を示す説明図であり、図19Bはアクチュエータ部に対して正方向の所定電界（+0.6E）をかけた状態の分極方向と電界方向を示す説明図である。

【図20】本実施の形態に係る表示装置における各アクチュエータ部の一対の電極間の距離と圧電／電歪層の厚みとの寸法関係を示す特性図である。

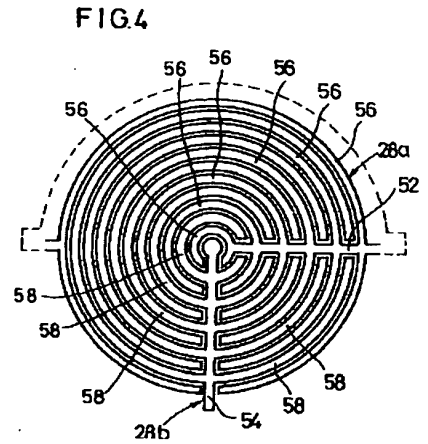
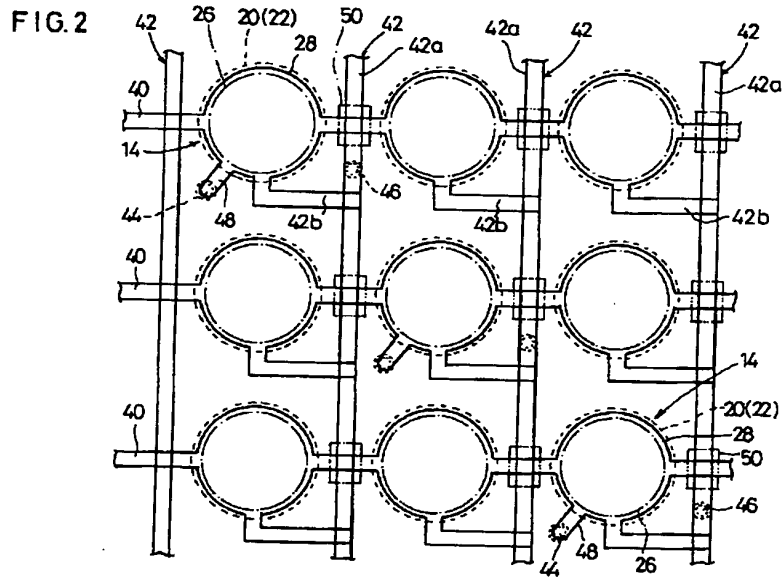
【図21】図21Aは一対の電極の平面形状が渦巻き状である場合の電極間距離を示す説明図であり、図21Bは一対の電極の平面形状が多枝形状である場合の電極間距離を示す説明図である。

【図22】本実施の形態に係る表示装置における各アクチュエータ部の振動部の厚みと圧電／電歪層の厚みとの寸法関係を示す特性図である。

【図23】図23Aはアクチュエータ部の最短寸法での断面形状を一部省略して示す断面図であり、図23Bは一方の最外極小点と他方の最外極小点が固定部の上面よりも下方に存在する場合を一部省略して示す断面図であ

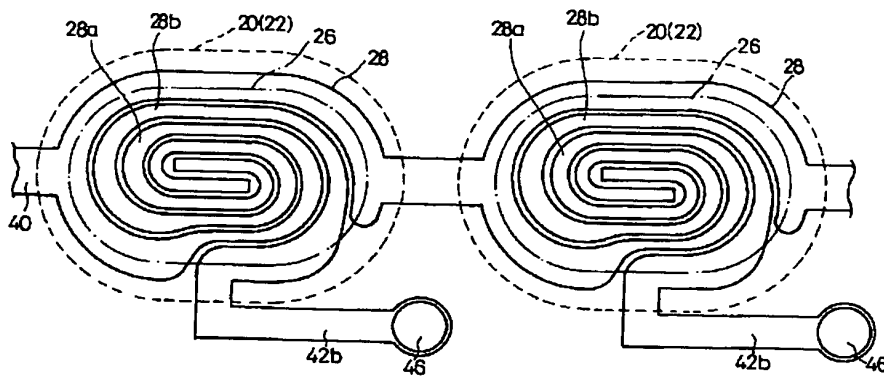
【図2】

【図4】



【図5】

FIG. 5



【図10】

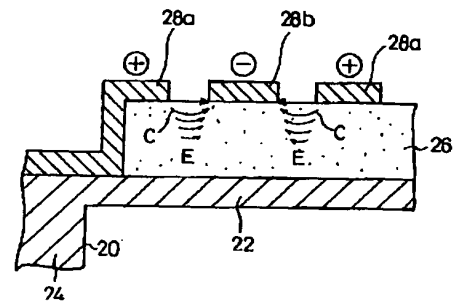
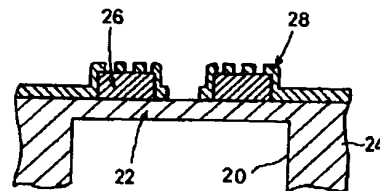
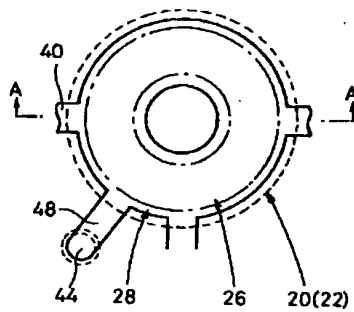
【図11】

【図14】

FIG. 10

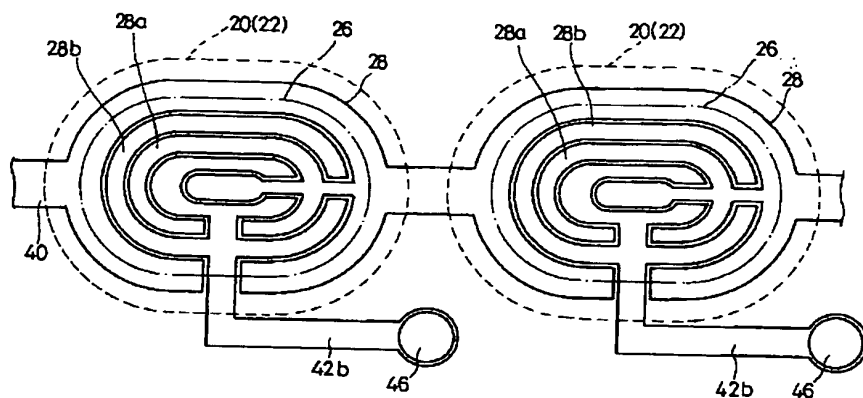
FIG. 11

FIG. 14



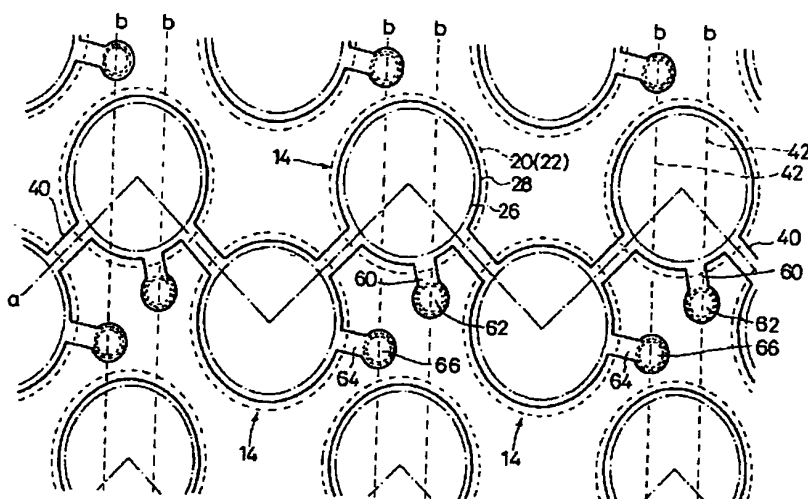
【図6】

FIG. 5



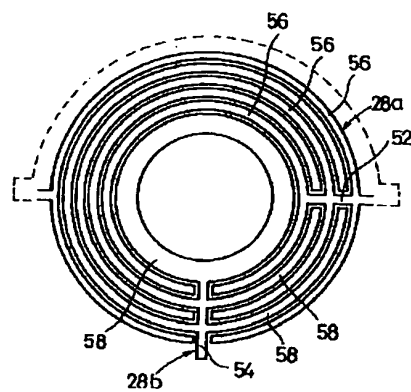
【図7】

FIG. 7



【図12】

FIG. 12



【図13】

FIG. 13A

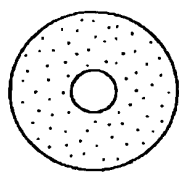


FIG. 13B

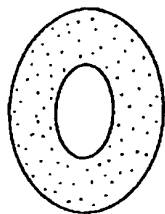
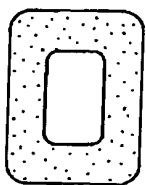
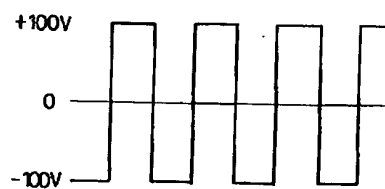


FIG. 13C



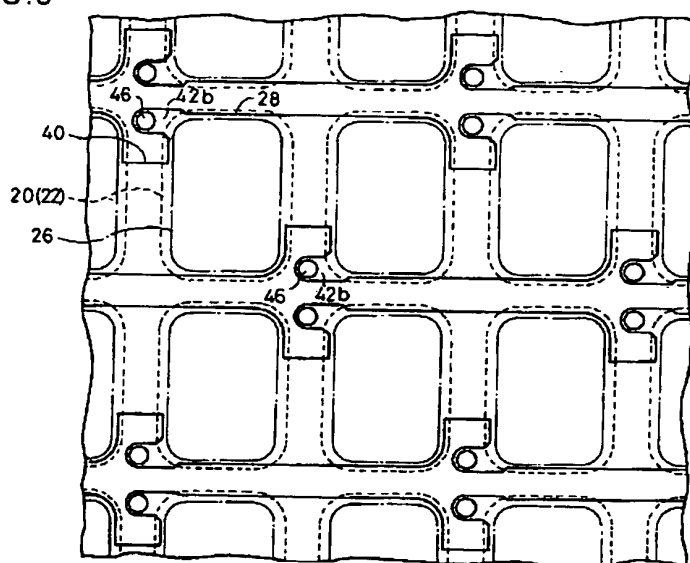
【図15】

FIG. 15



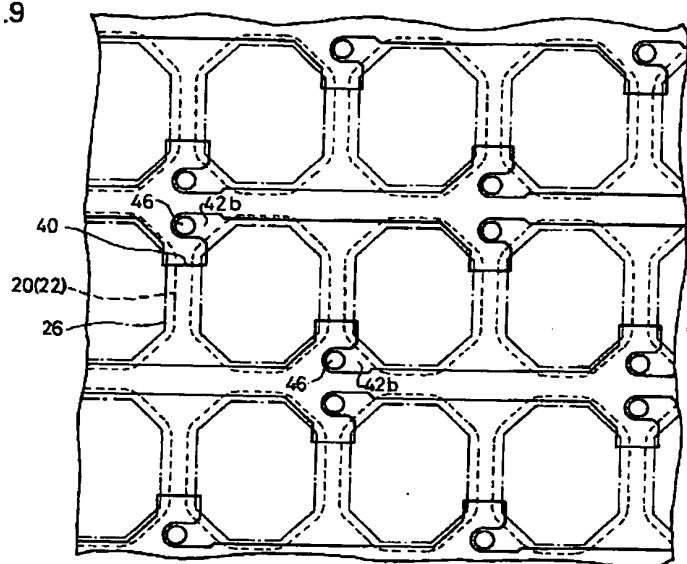
【図8】

FIG. 8



【図9】

FIG. 9



【図23】

FIG. 23A

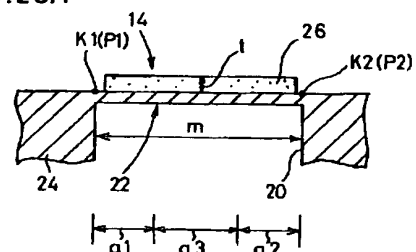


FIG. 23B

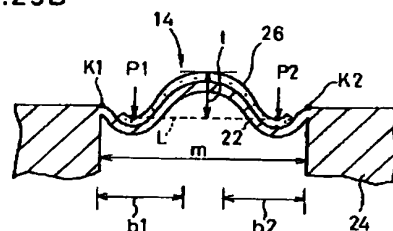
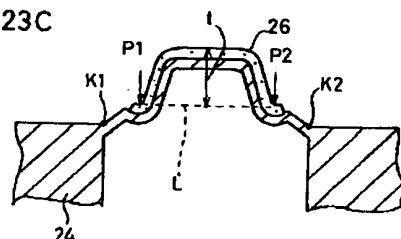
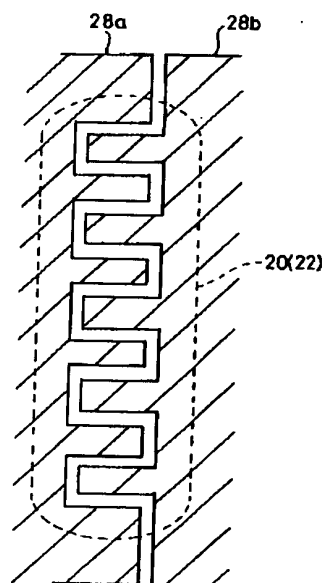


FIG. 23C



【図28】

FIG. 28



【図16】

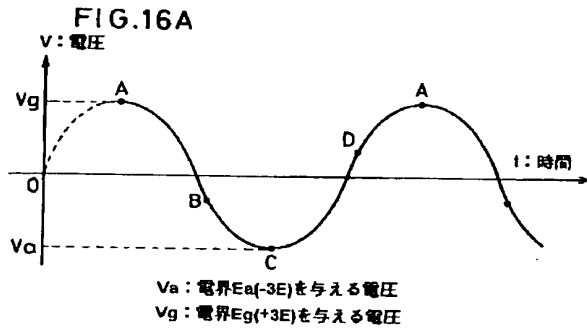


FIG.16B

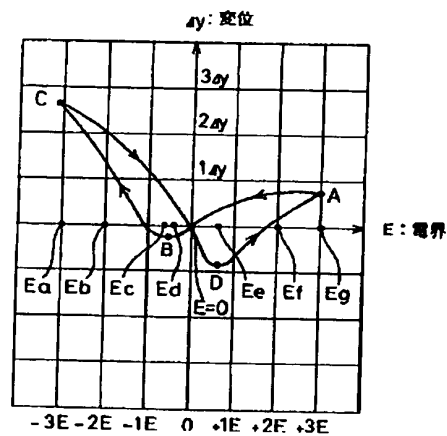


FIG.17A

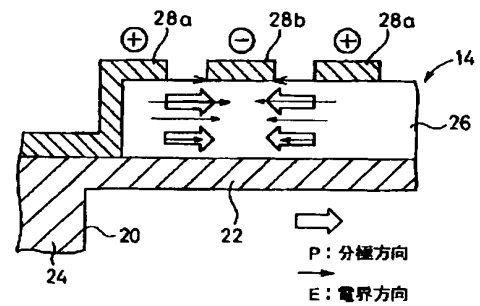
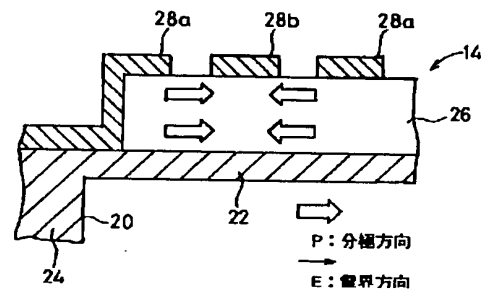
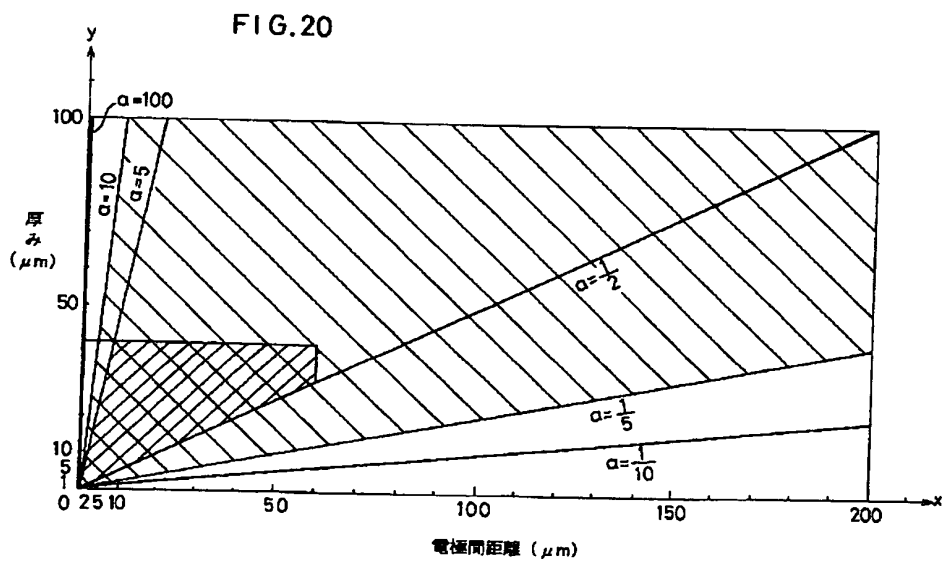


FIG.17B

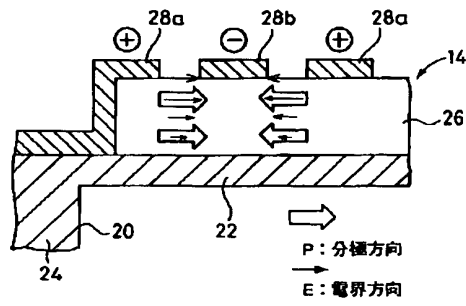


【図20】



【図18】

FIG.18A



【図19】

FIG.19A

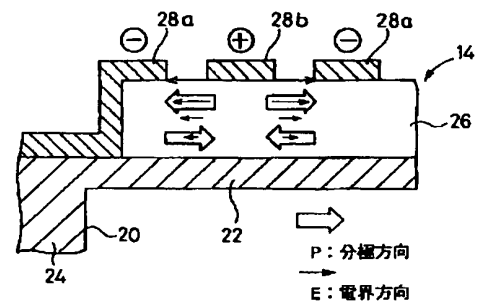


FIG.18B

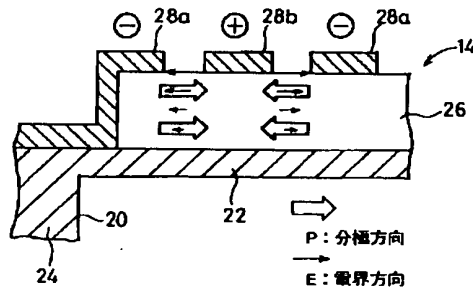
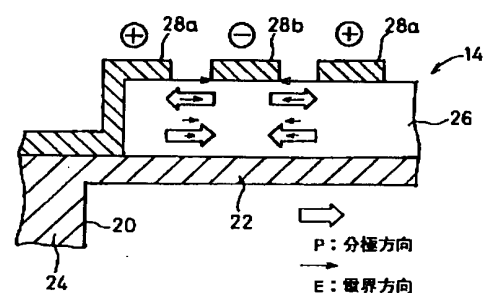


FIG.19B



【図21】

FIG.21A

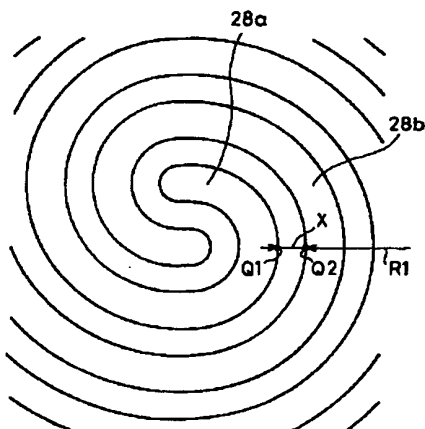
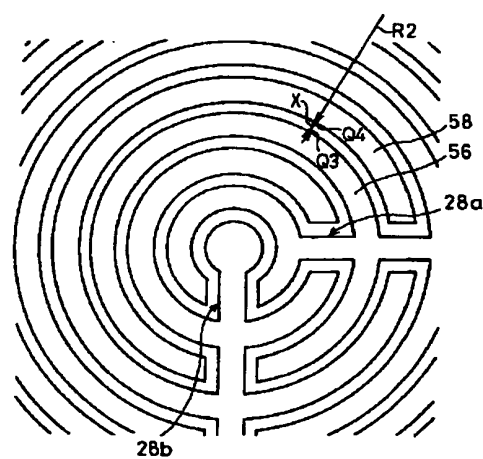
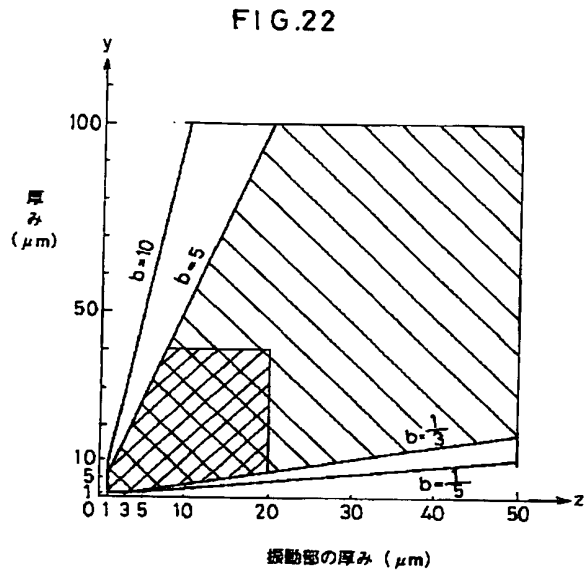


FIG.21B



【図 2 2】



【図 2 5】

FIG.25A

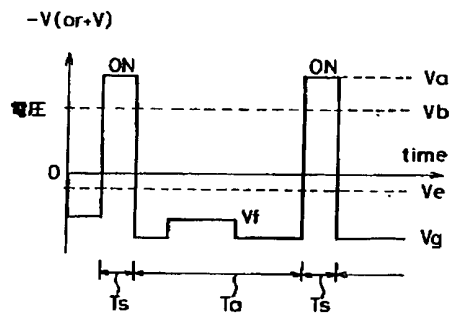
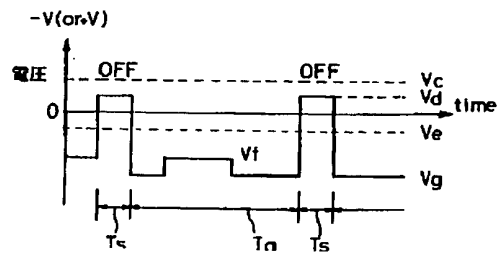


FIG.25B



【図 2 4】

FIG.24A

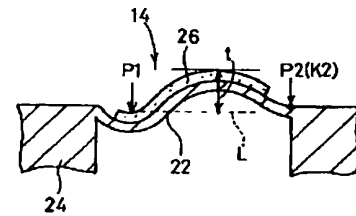
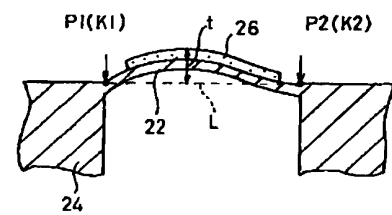


FIG.24B



【図 2 6】

FIG.26A

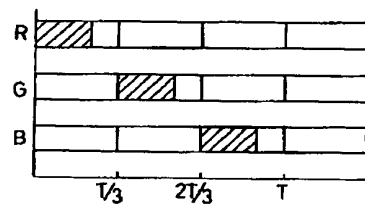
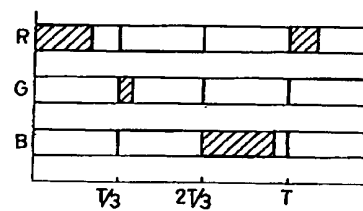
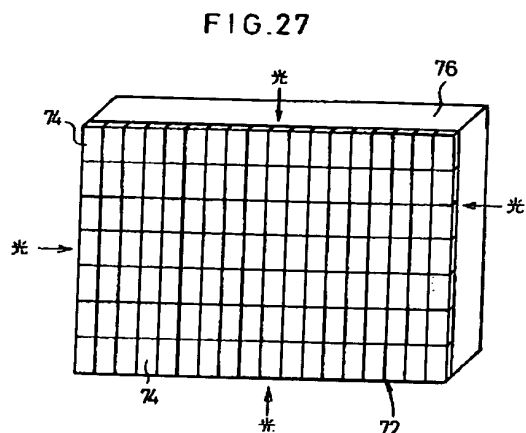


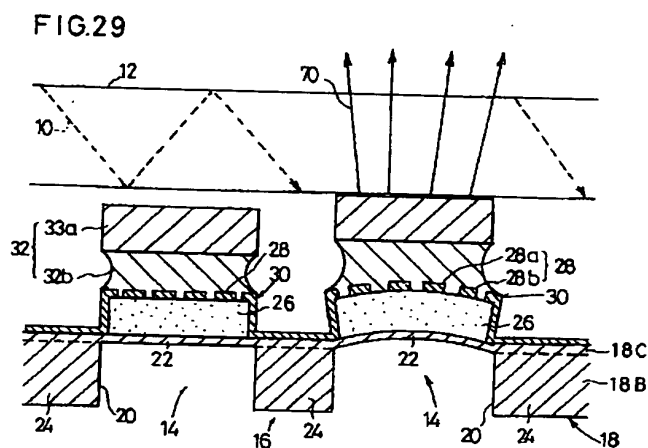
FIG.26B



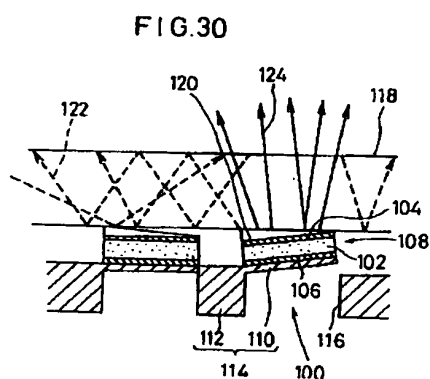
【図27】



【図29】



【図30】



【図31】

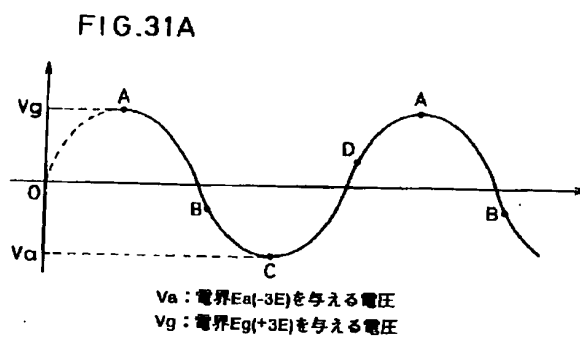
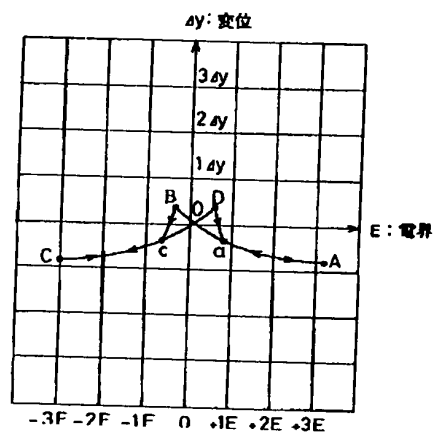


FIG.31B



【図32】

【図33】

FIG.32A

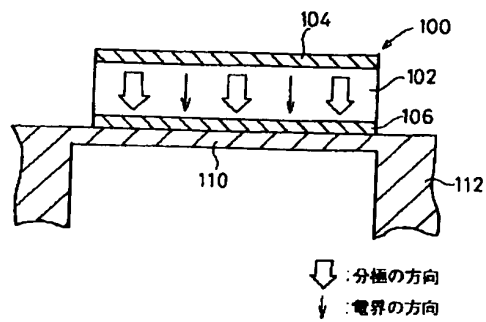


FIG.33A

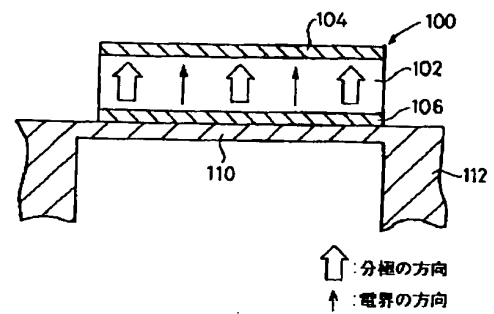


FIG.32B

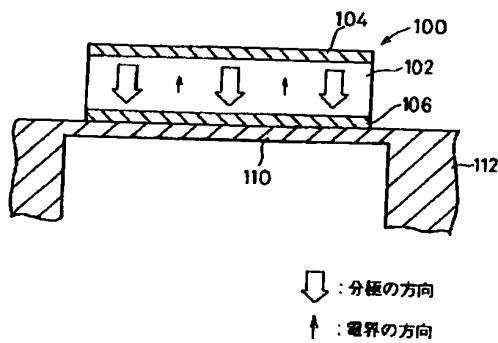
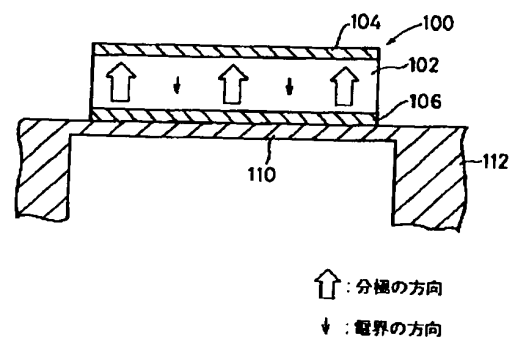


FIG.33B



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 正郎

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日
本碍子株式会社内